

## SADRŽAJ

<b>Docent dr Milorad Vidović,</b> dipl. inž. <b>profesor dr Momčilo Miljuš,</b> dipl. inž.	LOKACIJSKI PROBLEMI – ZNAČAJ, VRSTE I NAČINI REŠAVANJA .....	445
<b>Profesor dr Milojko Jevtović</b> dipl. inž.	ARHITEKTURA KVALITETA USLUGA TELEKOMUNI- KACIONIH MREŽA .....	458
<b>Dr Branko Đedović,</b> pukovnik, dipl. inž. <b>dr Branislav Jakić,</b> pukovnik, dipl. inž.	PRILOG KVALITETU U ODBRAMBENIM TEHNOLOGI- JAMA SA ASPEKTA LOGISTIČKIH POTREBA .....	467
<b>Dr Jugoslav Radulović,</b> pukovnik, dipl. inž.	MENADŽMENT KVALITETOM TOKOM ŽIVOTNOG CIKLUSA ODBRAMBENIH SISTEMA .....	476
<b>Profesor dr Jovan Todorović,</b> dipl. inž.	VODONIK – ENERGENI BUDUĆNOSTI .....	484
<b>Dr Boban Đorović,</b> major, dipl. inž.	NOVI PRISTUPI U PROJEKTOVANJU STRUKTURE OR- GANA UPRAVLJANJA U SAOBRAĆAJNOJ SLUŽBI .....	497
<b>Mr Milovan Unković,</b> dipl. inž.	FIBER-OPTIČKI ŽIROKOMPAS .....	508
<b>Dragiša Jaćimović,</b> kapetan I klase, dipl. inž. <b>Zoran Despotović,</b> dipl. inž.	TEHNOLOGIJA I PROCEDURA UNIŠTAVANJA NAORU- ŽANJA MALOG KALIBRA .....	519
<b>Dr Vladimir Vujičić,</b> dipl. inž.	KONZERVACIJA TEHNIČKIH SISTEMA POSTUPKOM OD- VLAŽIVANJA ATMOSFERE .....	528
<b>Dr Rade Biočanin,</b> pukovnik	HEMIJSKI UDESI I PROCENA RIZIKA .....	534
<b>Miroslav Škorić,</b> dipl. oec.	XIX INFOTECH 2004 – prikaz naučno-stručnog skupa – .....	542
<b>Mr Zoran Filipović,</b> pukovnik, dipl. inž.	XLVIII KONFERENCIJA ETRAN 2004 – prikaz naučno- -stručnog skupa – .....	544
<b>Dr Slavko Pokorni,</b> pukovnik, dipl. inž.	VII MEĐUNARODNA KONFERENCIJA DQM 2004 – prikaz naučnog skupa – .....	546
<b>Dr Jugoslav Radulović,</b> pukovnik, dipl. inž.	NACIONALNA KONVENCIJA O KVALITETU 2004 – prikaz naučno-stručnog skupa – .....	549

---

**SAVREMENO NAORUŽANJE I VOJNA OPREMA**

---

Puške Barrett M468 za specijalne namene – M. K. ....	551
Električne transmisije za borbena vozila – M. K. ....	553
Ključni elementi budućih borbenih sistema Armije SAD – M. K. ....	557
Sistemi za NBH detekciju – M. K. ....	559
Koncept buduće nenuklearne podmornice – M. K. ....	563
Inertna zrna kalibra 120 mm – M. K. ....	565
Nove konstrukcije i tehnologije za haubicu 105 mm – M. K. ...	565
Singapur priprema tenk sa topom 120 mm – M. K. ....	566
Poljska puška 12,7 mm – M. K. ....	567
Helikopter Mi-28N sa poboljšanom transmisijom i rotorom – M. K. ....	567
Preusmeravanje u razvoju hipersoničnih letova – M. K. ....	568
Jurišni brodski koncept CHARC – M. K. ....	569
Novi sonar za minolovce – M. K. ....	570
Egzoskelet pomaže kretanje čoveka – M. K. ....	571
Robot za otkrivanje eksplozivnih naprava – M. K. ....	572
RAFT povećava vidokrug – M. K. ....	572
Švedska usavršava haubicu FH 77B – M. K. ....	572
Rakete Dragon sa poboljšanim bojnim glavama – M. K. ....	573
Francuski sistem za upravljanje borbom TACTIS – M. K. ....	573

**GENERALŠTAB VOJSKE SRBIJE I CRNE GORE**

VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD

Direktor

Pukovnik  
SLAVOLJUB JOVANČIĆ

UREĐIVAČKI ODBOR

General-major  
dr MILUN KOKANOVIĆ, dipl. inž.  
(predsednik Odbora)

General-potpukovnik  
dr IVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.

Profesor  
dr SINIŠA BOROVIĆ, dipl. inž.

Profesor  
dr MILIĆ STOJIC, dipl. inž.

Profesor  
dr MOMČILO MILINOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr SVETOMIR MINIĆ, dipl. inž.  
(zamenik predsednika Odbora)

Pukovnik  
DRAGOMIR KRSTOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr VASILJE MIŠKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr BRANKO ĐEDOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
PAVLE GALIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr MILENKO ŽIVALJEVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
SRBOLJUB PETROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
mr DRAGOSLAV UGARAK, dipl. inž.

Pukovnik  
dr LJUBIŠA TANČIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr MILJKO ERIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
VOJISLAV MILINKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
sc STEVAN JOSIFOVIĆ, dipl. inž.  
(sekretar Odbora)

\* \* \*

Glavni i odgovorni urednik

Pukovnik  
**sc Stevan Josifović, dipl. inž.**  
(tel. 646-277)

Sekretar redakcije

**Zora Pavličević**  
(tel. 2641-795, vojni 22-431)

Adresa redakcije: VOJNOTEHNIČKI  
GLASNIK – BEOGRAD, Balkanska 53

E-mail: vtg@viz.vj.yu

Pretplata tel.-fax: 3612-506, tekući račun:  
840-51845-846 RC SMO Topčider – za VIZ,  
poziv na broj 054/963

Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna  
štampanja – Beograd, Resavska 40b

ISSN: 0042-8469

UDC: 623 + 355/359

## STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS VOJSKE SRBIJE I CRNE GORE

# VOJNOTEHNIČKI

G L A S N I K



Vojnotehnički glasnik je,  
povodom 50 godina rada,  
odlikovan Ordenom VJ  
trećeg stepena

# 5

**GODINA LII • SEPTEMBAR–OKTOBAR 2004.**

**Docent dr Milorad Vidović,**  
dipl. inž.  
**profesor dr Momčilo Miljuš,**  
dipl. inž.  
Saobraćajni fakultet,  
Beograd

## LOKACIJSKI PROBLEMI – ZNAČAJ, VRSTE I NAČINI REŠAVANJA

UDC: 330.341.46 : 711 : 355.41

*Rezime:*

*Lokacijski problemi, u širem smislu, odnose se na određivanje pozicije jednog ili grupe objekata u prostoru određene dimenzionalnosti. U užem smislu, posebno u logistici, ovi problemi odnose se na lociranje resursa, skladišnih objekata, terminala, pretovarnih mesta, ... i sl., pa je po pravilu reč o zadacima lociranja tačke u dvodimenzionom prostoru. To je logično kada se ima u vidu da se dimenzije, npr. skladišnog objekta, mogu zanemariti u odnosu na teritoriju na kojoj se objekat locira. Teorija lokacije bavi se formulacijom i rešavanjem lokacijskih problema, pri čemu je te probleme moguće klasifikovati u odnosu na: broj objekata koji se lociraju, karakter raspoloživih lokacija, kriterijume koji se koriste pri izboru lokacije, karakter zadataka koji se rešavaju, tip ciljne funkcije, pristup i metode koje se koriste pri izboru lokacije. U ovom radu prikazane su osnovne postavke lokacijske teorije, formulisani osnovni tipovi problema i definisani mogući pristupi za njihovo rešavanje, uključujući i neke od tipično vojnih primena.*

*Ključne reči: lokacijska analiza, teorija lokacije.*

---

### LOCATION PROBLEMS – IMPORTANCE, TYPES AND SOLVING METHODS

*Summary:*

*In their wider sense, location problems are related to locating one or more objects in the area of certain dimensionality. In narrower sense, particularly in logistics, these problems are related to locating resources, warehouses, terminals,... Hence, these are problems of locating points in the two dimensional space. This sounds logical since for example, warehouse dimensions, may be neglected in comparison with the area where the object is located. The location theory deals with formulation and solving location problems. Such problems may be classified with respect to: number of objects, location type (discrete – continuous), criteria, tasks realized by the system, objective function types applied solution methods, etc. This paper is organized to present the basic concepts in the location theory, defining fundamental problems and proposing general approaches to their solution. Some of typically military applications are also discussed.*

*Key words: location analysis, location theory.*

---

#### Uvod

Lociranje proizvodnog pogona, skladišta, distributivnog centra, terminala, ili nekog drugog čvorišta u logističkom lancu, kao i lociranje protivpožarne stanice, stanice hitne pomoći, deponije otpadnog materijala i sličnih resursa, predstavlja

kompleksan zadatak strateškog planiranja. Realizacija ovih zadataka povezana je, sa jedne strane, sa visokim investicionim ulaganjima, a sa druge i sa značajnim rizicima, kako onim finansijskim, tako i ekološkim i onim koji rezultiraju iz izostalog kvaliteta realizacije zahteva koji su inicirali lociranje nekog resursa.

Nema nikakve sumnje da je upravo svest o značaju lokacijskih problema inicirala veliki broj istraživanja, pa je kao rezultat toga u svetskoj literaturi moguće pronaći više od 3000 publikovanih radova iz ove oblasti. Teoretičari i praktičari iz oblasti operacionih istraživanja razvili su veliki broj modela i nude ogroman broj pristupa rešavanju problema iz tog domena. Sa jedne strane, to svakako predstavlja prednost, ali mnoštvo informacija o tipovima problema i načinima njihovog rešavanja predstavlja i objektivnu prepreku svakom pokušaju obuhvatnijeg pristupa lokacijskim problemima, odnosno izlaganju lokacijske teorije. Pri tome, *lokacijski problemi* odnose se na određivanje mesta ili pozicije nekog objekta ili grupe objekata u prostoru određene dimenzionalnosti, a *teorija lokacije* bavi se formulacijom i rešavanjem tih problema. Kada se govori o „dimenzionalnosti“, reč je u stvari o prisustvu različitih mogućih kombinacija objekta koji je potrebno locirati i prostora u kojem se taj objekat locira. Naime, u svom širem značenju lokacijski problemi – ako se posmatraju samo tipične kombinacije, mogu se odnositi na lociranje 3D tela – kvadra u 3D prostoru (tovarenje vozila, kontejnera, ...), na lociranje 2D površine – pravougaonika u ravni (sečenje ploča, problemi prostornog raspoređivanja elemenata sistema – layout), lociranje 1D objekta – linije u 1D prostoru (sečenje šipki, lociranje komisione zone u regalskom prolazu), odnosno na lociranje 0D objekta – tačke, u 2D prostor, ravan, ili pak u 1D prostor – na liniju. Međutim, u užem smislu i uobičajenom značenju teorija lokacije razmatra probleme lociranja *tačke u dvodimenzionalnom prostoru (0D & 2D)*, s ob-

zirom na to da su dimenzije sistema koji je potrebno locirati (objekta – kompleksa) zanemarljive u odnosu na prostor u kojem se lokacija bira (teritorija grada, regija, područje države, region koji obuhvata više država,...).

Lokacijske probleme moguće je klasifikovati u odnosu na planski horizont (statički i dinamički problemi), u odnosu na broj objekata koji se lociraju (lociranje jednog objekta ili više objekata), karakter raspoloživih lokacija (diskretan prostor: mreža, ili konačni broj pozicija), prema kriterijumu koji se koristi pri izboru lokacije (medijana – težište, centar, anti-centar), prema karakteru zadatka koji se rešava (lokacijski, alokacijski, lokacijsko-alokacijski), u odnosu na tip ciljne funkcije (jednokriterijumska, višekriterijumska), kao i u odnosu na pristup i metode koje se koriste pri izboru lokacije (intuitivni pristup, egzaktni optimizacioni model, simulacija, heuristički modeli, ekspertni sistem). Iako i ova klasifikacija dovoljno govori o kompleksnosti problematike razmatrane u ovoj oblasti, treba naglasiti da time nisu iscrpljeni svi aspekti lokacijske teorije, niti obuhvaćene sve klase problema.

Ovim radom obuhvaćeni su samo neki od tipičnih problema i načini za njihovo rešavanje, i upućuje se na veoma obimnu literaturu iz ove oblasti, čiji se iscrpan prikaz može pronaći na adresi koja u ovom trenutku ima 3400 naslova: <http://www.ent.ohiou.edu/~thale/thlocation.html>.

### Razvoj lokacijske teorije

Razvoj lokacijske teorije u literaturi uglavnom se vezuje za agronomiju i geo-

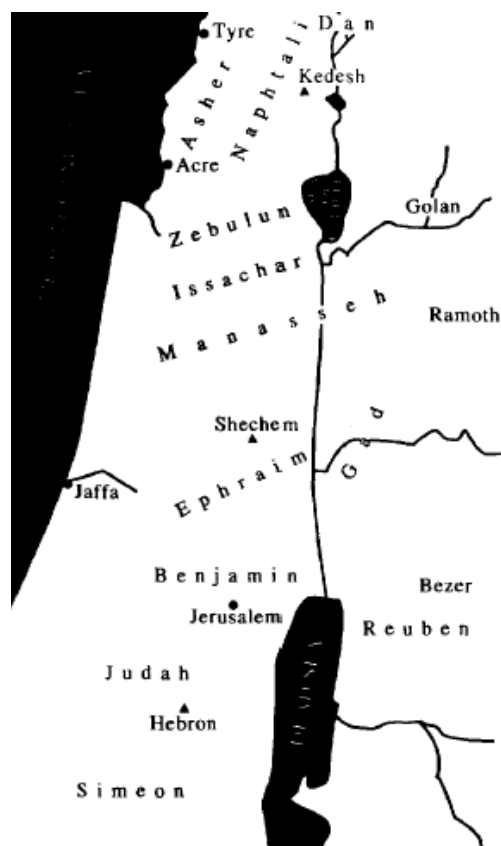
grafiju, pa se kao začetnici ove oblasti najčešće navode nemački agroekonomista Johann Heinrich von Thünen (1875), odnosno Alfred Weber (1929) koji razmatra industrijsku proizvodnju. Tako se Thünenu pripisuje prva od lokacijskih teorija, bazirana na razmatranju troškova i rastojanja, gde se za pogone poljoprivredne proizvodnje kaže da se u odnosu na tržište prodaje moraju locirati tako da minimiziraju transportne troškove. Weber prepoznaje značaj sirovina u odvijanju proizvodnih procesa i u tome uticaj lokacije. Tako, Weber uočava da su količine sirovina u industriji čelika veće od količine gotovih proizvoda, pa zaključuje da je radi minimizacije transportnih troškova proizvodne pogone potrebno približiti izvorima sirovina. Međutim, on takođe uočava i prisustvo proizvoda kod kojih su sirovine prisutne praktično svuda (npr. vazduh i voda), pa zaključuje da je u tom slučaju, radi minimizacije transportnih troškova, proizvodne pogone potrebno locirati što bliže tržištu, to jest potrošačima.

Ipak, posmatrano sa aspekta matematičke formulacije, smatra se da je čuveni Ferma (Fermat Pierre de 1601–1665) početkom XVII veka započeo razmatranje lokacijskih problema ukazujući na sledeći problem: „Za zadate tri tačke u ravni pronaći četvrtu, tako da zbir rastojanja između četvrtke tačke i zadate tri, bude minimalan“.

Idući još dalje u prošlost, Dickman (1995) postavku lokacijskog problema nalazi u Bibliji, u Starom zavetu, u Petoj knjizi Mojsijevoj (Gl. 19, 1–10)<sup>1</sup>: „1) Kad Gospod

Bog tvoj potre narode kojih zemlju daje tebi Gospod Bog tvoj, i kad ih naslijediš i nastaniš se po gradovima njihovijem i po kućama njihovijem, 2) Odvoj tri grada usred zemlje svoje koju ti daje Gospod Bog tvoj da je naslijediš, 3) Načini put i razdijeli na troje krajeve zemlje svoje, koju ti da Gospod Bog tvoj u nasljedstvo, pa neki bježi onamo svaki krvnik, ...“

Rešenje navedenog lokacijskog problema, ovde citiranog samo delimično, navodi se u Knjizi Isusa Navina (Gl. 20, 7)<sup>2</sup>, kao ispunjenje Božje zapovesti: „I odjeliše Kedes u Galileji u gori Neftalimovoj, i Sihem u gori Jefremovoj i Kirijat-Arvu, to je Hevron u gori Judinoj“.



Sl. 1 – Biblijski lokacijski problem

<sup>1</sup> Sveto pismo Staroga i Novoga zavjeta, u prevodu Đ. Daničića (Stari zavjet) i Vuka S. Karadžića (Novi zavjet), Izdanje britanskog i inostranog biblijskog društva 1985.

<sup>2</sup> Ibidem.

Lokacijska teorija ponovo ulazi u žižu interesovanja sa radom S. L. Hakimi (1964), koji razmatra lociranje čvorova komunikacione mreže i policijskih stanica na mreži autoputeva. U tom radu Hakimi razmatra mnogo opštiji problem lociranja jednog ili više objekata na mreži, sa ciljem minimizacije ukupnog rastojanja između korisnika i njima najbližeg objekta, ili sa ciljem minimizacije maksimalnog rastojanja od korisnika do objekta na koji su oslonjeni.

Od sredine šezdesetih godina prošlog veka lokacijska teorija počinje sve više da se razvija, matematski se formulišu različiti tipovi lokacijskih problema i prezentiraju se različiti algoritmi za njihovo rešavanje.

### **Osnovni tipovi lokacijskih problema**

Respektujući višedimenzionalnost i veliki broj kriterijuma koji bi mogli biti korišćeni pri kategorizaciji lokacijskih problema, za potrebe ovog rada izdvojeni su samo oni najznačajniji, i na osnovu toga učinjen je pokušaj određenog struktuiranja tipičnih grupa zadataka iz domena lokacijske analize. Naravno, prikazani način struktuiranja lokacijskih problema nije i jedini mogući, niti sveobuhvatan, a neke aspekte klasifikacije lokacijskih problema detaljnije su razradili H. W. Hamacher, Nickel (1998), koji su, takođe, predložili i jednu od mogućih klasifikacionih šema.

#### *Statički – dinamički lokacijski problemi*

Pod statičkim problemima podrazumevaju se formulacije kojima se ne obu-

hvata dinamika promene relevantnih parametara za izbor lokacije, pa tako ni eventualna faznost u uvođenju rešenja. Statički problemi najčešće su i deterministički, a treba naglasiti da je najveći broj modela koji su u primeni upravo ovog tipa – statički. Sa druge strane, dinamičke formulacije lokacijskih problema, s obzirom na činjenicu da su lokacijski problemi u svojoj suštini strateškog karaktera – dugoročni, pokušavaju da u analizu uključe i određen stepen neizvesnosti koji je moguće očekivati u perspektivi. Otuđa je ideja ove klase lokacijskih modela da u planiranje uključe dinamiku ponašanja zahteva u budućnosti.

#### *Kontinualni – diskretni (mrežni) lokacijski problemi*

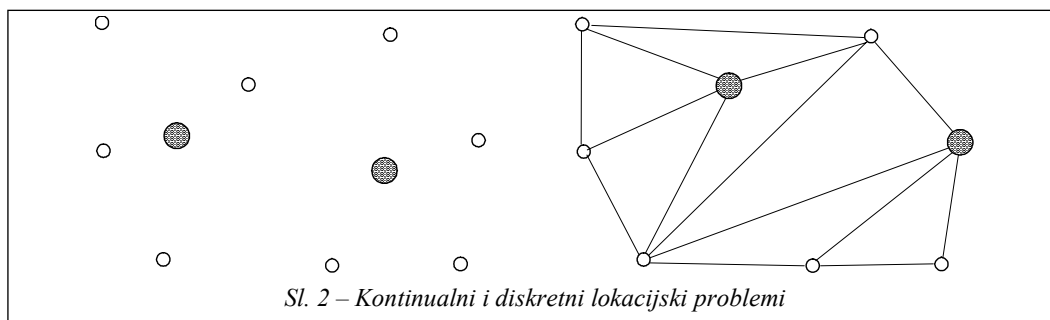
U slučaju kontinualnih problema izabrana lokacija može biti bilo gde u oblasti dopuštenog prostora, a u slučaju diskretnih lokacijskih problema bira se jedna ili više od skupa potencijalno raspoloživih lokacija. Dakle, u slučaju kontinualnih problema broj raspoloživih lokacija je beskonačan, a u diskretnim problemima konačan i unapred poznat (slika 2).

#### *Lociranje jednog ili više objekata*

Razlika u broju objekata koje je potrebno locirati direktno determiniše način rešavanja odnosno lokacijskog problema.

#### *Postojanje – nepostojanje kapacitivnih ograničenja*

Odnosi se na postojanje ograničenja u pogledu maksimalnog kapaciteta objekta



na određenoj lokaciji, ili na ograničenja kapaciteta transportnih sredstava koja realizuju tokove, što je posebno značajno za kombinovane lokacijske i ruting-probleme.

#### *Lokacijski, alokacijski i lokacijsko-alokacijski problemi*

U suštini, problem lociranja resursa sadrži tri grupe potproblema: određivanje broja objekata koji se lociraju, njihove pozicije na mreži i povezivanje korisnika sa lokacijama. Lokacijski problemi („čisti“) prisutni su prevashodno u slučaju lociranja jednog objekta, kada se svi „korisnici“ oslanjaju na tu jednu izabranu lokaciju. Po pravilu, u slučaju da je broj objekata koji se lociraju veći od 1, potrebno je i alocirati korisnike, tj. svakog korisnika „dodeliti“ nekom od objekata. Lokacijski problem (bez alociranja korisnika) prisutan je i kod preliminarne analize skupa potencijalno raspoloživih lokacija, kada se problem obično rešava primenom kvalitativne analize.

Alokacijski problemi odnose se na „dodeljivanje“ korisnika skladišnim lokacijama, tj. na način povezivanja korisnika (ili grupe korisnika u zoni) i skladišnih lokacija. Jasno je da alokacija podrazumeva da su poznate lokacije korisni-

ka i lokacije skladišta. Alokacija korisnika često se realizuje na bazi najkraćeg puta, ali se optimalna alokacija, za poznate lokacije korisnika i skladišta, kao i za poznate tokove koji se realizuju, i poznate troškove transporta, uspešno utvrđuje rešavanjem transportnog zadatka.

Lokacijsko-alokacijski problemi rešavaju se u slučaju da je potrebno locirati više od jednog skladišnog objekta. Kada je reč o lociranju skladišta i lokacijskim problemima u logistici uopšte, onda je baš ova klasa problema najčešća. Postoji izuzetno veliki broj pristupa za rešavanje ovih problema, kako u kontinualnom, tako i u diskretnom slučaju.

#### *Kvalitativni i kvantitativni pristup rešavanju problema*

U slučaju da se radi o diskretnim lokacijskim problemima, koji podrazumevaju postojanje određenog broja raspoloživih lokacija, izbor konkretne lokacije može se realizovati ili na bazi kvantitativne analize – primenom nekog od modela koji najčešće analiziraju transportne i skladišne troškove, ili na bazi odgovarajuće kvalitativne analize. Kvalitativna analiza može se sprovesti tehnikom „check list“, ali i korišćenjem neke od tehnika višekriterijumske analize.

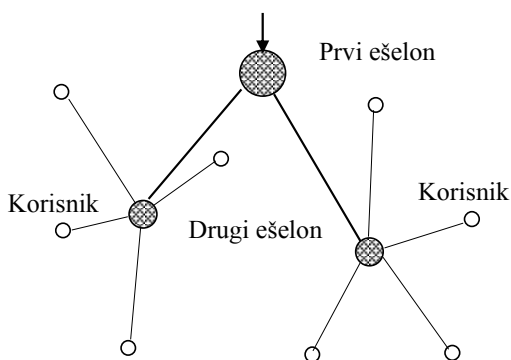


### Jednoešelonski i multiešelonski problemi

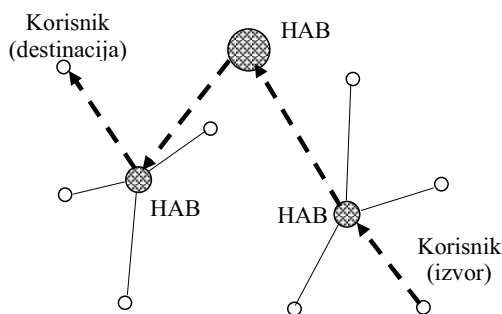
Multiešelonski problemi uvek podrazumevaju tokove između objekata na pojedinim nivoima, a jednoešelonski sistemi mogu, ali i ne moraju da podrazumevaju interakciju – realizaciju robnih tokova između objekata. Tako višeešelonski skladišni sistemi podrazumevaju, u suštini, postojanje hijerarhijski uređenog sistema skladišta koja su organizovana po nivoima – centralno, regionalna, ... Pri tome, skladišta jednog nivoa snabdevaju ona sa sledećeg nižeg.

#### Problemi lociranja habova

Primeri hab-mreža mogu se pronaći u sistemima za isporuku ekspres pošiljki, kod avio i drumskih prevoznika, kao i u različitim računarskim i telekomunikacionim mrežama. Modeli lociranja habova razlikuju se od ostalih tipova lokacijskih problema i po tome što se zahtevi definišu kao tokovi između čvorova, a ne kao u slučaju konvencionalnih diskretnih lokacijskih problema. Hab-mreže uključuju tri tipa čvorova: izvore, destinacije i habove, kao i lukove preko kojih se realizu-



Sl. 3 – Ešelonski lokacijski problem



Sl. 4 – HAB lokacijski problem

ju transportni tokovi. Mreže ovog tipa obezbeđuju povezivanje izvorišnih i odredišnih čvorova rutiranjem tokova preko habova. Opšti tip hab-lokacijskog problema uključuje lociranje habova i definisanje ruta za transportne tokove između izvorišnih i odredišnih čvorova.

#### Jednokriterijumski i višekriterijumski problemi

Širok spektar raspoloživih tehnika operacionih istraživanja i metoda podrške odlučivanju nudi mogućnost traženja optimalnog rešenja u prostoru jednog ili više kriterijuma, pa su s tim povezane i različite formulacije lokacijskih problema.

#### Problemi medijan, centar i anticentar

Za razumevanje suštinske razlike između ova tri tipa problema, odnosno tri tipa ciljne funkcije, možda je najjednostavnije iskoristiti primer koji navodi Goetschalckx (2000), definišući ove tri karakteristične tačke na brojnoj osi (slika 5).

Problem medijan ili „minisum“ označava pristup u kojem se ciljna funkcija formira tako da se lociranje objekta realizuje na bazi minimizacije srednjeg

rastojanja – troškova između objekta koji se locira i korisnika:

$$\min_x \left\{ \sum_j C_j(X) \right\}$$

Ovaj pristup najčešći je u logistici i primenjuje se pri rešavanju najvećeg broja lokacijskih problema.

Problem centar ili „minimax“ označava pristup u kojem se ciljna funkcija formira tako da se lociranje skladišta realizuje na bazi minimizacije rastojanja do najudaljenijeg korisnika:

$$\min_x \left\{ \max_j C_j(X) \right\}$$

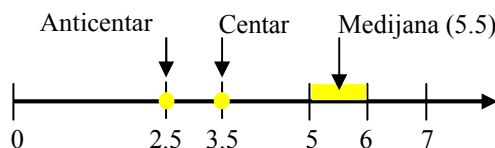
Tipičan primer su problemi lociranja stanice hitne pomoći, vatrogasne jedinice, kao i skladišta u nekom servisnom centru.

Anticentar ili „maximin“ označava pristup u kojem se ciljna funkcija formira tako da se lociranje skladišta realizuje na bazi maksimizacije rastojanja do najbližeg korisnika.

$$\max_x \left\{ \min_j C_j(X) \right\}$$

Tipičan primer su problemi lociranja deponija za otpad, skladišta opasnih roba i slično.

Ukoliko se uz navedene kriterijume klasifikacije uoči da je pri rešavanju problema moguće koristiti i različite algoritme – tehnike (matematičko programiranje, analitičke metode, grafičke metode, hibridne tehnike i heuristike), naznačena višeznačnost, kompleksnost i prisustvo



Sl. 5 – Pozicije medijane, centra i anticentra na brojnoj osi sa „zahtevima“ jednakim brojnim vrednostima u tačkama 0, 5, 6 i 7

različitih klasa lokacijskih problema postaje očigledna.

### Formulacija i način rešavanja lokacijskih problema

#### *Pristupi rešavanju lokacijskih problema*

U principu, tehnike rešavanja lokacijskih problema zasnivaju se, najčešće, na minimizaciji ponderisanih transportnih troškova (vremena, distance) od objekta koji se locira do korisnika, pri čemu se troškovi gradnje objekta na određenoj lokaciji ponekad uključuju u analizu, a ponekad ne.

Generalno gledano, rešavanje lokacijskih problema u principu je povezano sa obimnim i kompleksnim utvrđivanjem i analizama podataka. U praksi, mnogi faktori utiču na izbor lokacije, a ovde su navedeni neki od najznačajnijih, prema Heragu (1997): blizina izvoru sirovina; troškovi i raspoloživost priključaka na električnu mrežu; troškovi, raspoloživost, obučenost i produktivnost radne snage; zakonska regulativa na saveznom, republičkom regionalnom i lokalnom nivou; porezi i takse na saveznom, republičkom regionalnom i lokalnom nivou; osiguranje; troškovi i cena gradnje; politička stabilnost; fluktuacija kursa; uvožno-izvozna regulativa, porezi i takse; transportni sistem; regulativa u oblasti zaštite okoli-

ne; javni servisi – škole, bolnice, objekti za rekreaciju; ostali servisi; klima; udaljenost korisnika; poslovna klima; faktori vezani za konkurenciju.

Poznavanje samo optimizacionih metoda lokacijske analize najčešće nije dovoljno za određivanje lokacije logističkog sistema, ali primena tih metoda obezbeđuje kvalitetnu podlogu za izbor lokacije, posebno ako se i pomenuti kriterijumi uključe u analizu. Kako definisanje pozicije nekog objekta unutar nekog geografskog područja nije dovoljno za instalaciju tog sistema, u literaturi se problem izbora optimalne lokacije, po pravilu, raščlanjuje u tri faze (Freese, T., 1994):

- makroanaliza (koja ima za cilj određivanje broja i približne lokacije skladišta),
- mikroanaliza (bliže određivanje lokacije – uže područje, deo grada,...),
- precizan izbor lokacije (veoma detaljna analiza sa različitih aspekata, na osnovu koje se donosi odluka).

Za formulisanje i rešavanje lokacijskih problema na raspolaganju je veliki broj različitih pristupa i metoda:

- intuitivni pristup (često se primenjuje, premda se ne može govoriti o unificiranom pristupu. Dolaze do izražaja intuicija, pronicljivost, iskustvo i lična sposobnost, a kao podrška koriste se jednostavni proračuni. Sve ono što veoma teško može biti uključeno u model – subjektivni faktori, izuzeci, ograničenja,... uzima se u obzir kroz grubu analizu, pa su rezultati često zadovoljavajući. Ovaj pristup često se koristi i kao jedna od faza u izboru lokacije, uz primenu neke egzaktnije tehnike);

- simulacioni modeli (s obzirom na to da je reč o univerzalnoj tehnici koja podrazumeva sprovođenje eksperimenta

na modelu, simulacija se koristi i kao alat za rešavanje lokacijskih problema. Pristup se svodi na simulaciju različitih „scenarija“, tj. različitih konfiguracija sistema i dozvoljava respektovanje stohastičnosti, kao i drugih specifičnosti ili detalja. Postoje i gotovi softverski paketi LREPS, LOCATE, LSD,...);

- heuristike (kao tehnike za utvrđivanje zadovoljavajućih rešenja obezbeđuju rešavanje kompleksnih lokacijskih modela koji uključuju veći broj parametara, a jedine su tehnike koje obezbeđuju rešavanje problema većih dimenzija – lociranje više objekata u slučaju kada je prisutan veliki broj potencijalnih lokacija);

- optimizacioni modeli (garantuju najbolje rešenje u odnosu na postavljenu funkciju cilja, a bazirani su na optimizaciji odnosa transportnih i troškova skladištenja. Postoji izuzetno veliki broj različitih modela: gravitacioni model, p-median problem, ... koji mogu biti rešavani kao LP, mrežni problemi, problemi dinamičkog programiranja,...);

- ekspertni sistemi (kompjuterski programi bazirani na veštačkoj inteligenciji koji, koristeći bazu ekspertskog znanja, rešavaju probleme slično ekspertskom timu. Popularnost ovih programa raste, mada se često ekspertskim sistemom nazivaju i programi koji nisu bazirani na konceptu veštačke inteligencije);

- sistemi za podršku odlučivanju (kombinacija baze podataka sa različitim alatima i tehnikama modeliranja, proračuna i evaluacije jeste ono što se danas naziva sistemom za podršku odlučivanju. Reč je o programima koji sadrže odgovarajuće baze podataka, ali i neke od optimizacionih metoda ili heurističkih tehnika).

### Metode za rešavanje lokacijskih problema

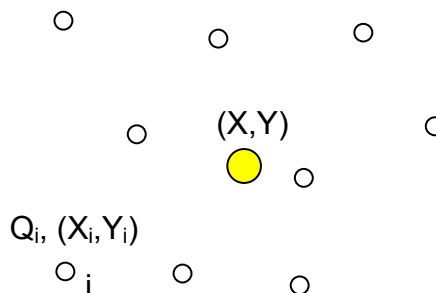
Imajući u vidu prethodno izložene opšte principe rešavanja lokacijskih problema očigledno je da je, generalno uzevši, na raspolaganju širok spektar mogućih metoda pristupa, optimizacionih i heurističkih tehnika. Međutim, moguće je izdvojiti i one metode koje su najčešće u primeni, koje imaju fundamentalni značaj u ovoj oblasti, i koje najbolje ilustruju samu ideju formulacije i pristupa rešavanju lokacijskih problema. Tako, na primer, S. H. Owen i Daskin M. (1998) u kategoriji diskretnih modela razmatraju „medijan problem“, „problem pokrivanja“<sup>3</sup>, „problem centra“, kao i neke modifikacije ovih pristupa za slučajeve rešavanja stohastičkih, odnosno uopšte dinamičkih problema. Takođe, u kategoriji kontinualnih modela, u literaturi se često prezentira gravitacioni model za izbor lokacije jednog objekta.

#### Gravitacioni model za određivanje lokacije jednog objekta u kontinualnom slučaju

Ideja algoritma je u izboru lokacije objekta na bazi nalaženja težišta, koje se utvrđuje na bazi minimalnog transportnog rada (proizvod ukupnih zahteva korisnika i rastojanja do objekta koji se locira). Pri tome, lokacija objekta može biti bilo gde u prostoru na kojem se nalaze korisnici.

Jedan od pristupa koji pojednostavljuje proračun jeste da se euklidsko rastojanje do nepoznate lokacije težišta sa koordinatama  $(X, Y)$  aproksimira kva-

<sup>3</sup> Set covering problems.



Sl. 6 – Gravitacioni model

dratom tog rastojanja. Tada se težište određuje iz uslova da funkcija cilja dostigne minimum u tačkama  $(X, Y)$ :

$$F(X, Y) = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot [(X_i - X)^2 + (Y_i - Y)^2]$$

Može se pokazati da je, nakon diferenciranja prethodnog izraza po nepoznatim koordinatama, lokaciju objekta koji je potrebno pozicionirati moguće utvrditi na osnovu sledećeg izraza:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}, \quad Y = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

Ukoliko se koristi funkcija cilja sa euklidskim rastojanjem, a ne kvadratom tog rastojanja, tada izvodi na obe strane jednakosti sadrže i nepoznate koordinate  $(X, Y)$ , pa se problem rešava iteracijom (tzv. Weiszfeldov metod).

#### Problem lociranja skladišta p-median

Jedna od najjednostavnijih, ali za logistiku veoma važnih formulacija loka-

cijskog problema je Hakimijeva formula-  
cija p-median problema:

razmotrimo skup od  $n$  korisnika prostorno disperzovanih u regionu. Problem je kako izabrati lokacije  $p$  identičnih skladišta koji opslužuje dati skup korisnika. Pretpostavlja se da postoji  $m \geq p$  potencijalnih lokacija skladišta. Nakon što se svih  $p$  skladišta locira, svaki od  $n$  korisnika opsluživaće se iz njemu najbližeg skladišta;

sa jednom od najpoznatijih matematičkih formulacija ovog problema:

razmotrimo neorijentisani graf  $G = (N, A)$  sa  $m$  čvorova. Neka  $a_i$  označava broj zahteva za opslugom čvora  $i$ . Neka  $d_{ij}$  označava rastojanje između čvorova  $i$  i  $j$ , a  $p$  broj objekata koje je potrebno locirati. Objekti mogu biti locirani u bilo kom od  $m$  čvorova.

Uvedimo  $x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{i se opslužuje preko } j \\ 0, & \text{u suprotnom} \end{cases}$

Kako je cilj da se minimizira ukupni pređeni put, p-median problem formulisan je kao:

$$\text{Min} F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m a_i d_{ij} x_{ij}$$

pri ograničenjima:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^m x_{jj} = p$$

$$x_{ij} \geq x_{ji}, \quad i, j = 1, 2, \dots, m; \quad i \neq j$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i, j = 1, 2, \dots, m;$$

### Generalizovani p-median problem

Za razliku od Hakimijeve formulacije p-median problema, u uobičajenoj postavci lokacijsko-alokacijskog problema respektuju se i troškovi „otvaranja“ skladišta na lokaciji. Takođe, ograničenjima se definiše da li se korisnik snabdeva isključivo iz jednog skladišta ili se to čini sa više lokacija:

$$\text{Min} \rightarrow \sum_{j=1}^m F_j \cdot y_j + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij}$$

uz ograničenja:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = D_j \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq y_i \cdot \sum_{j=1}^n D_j \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

gde je:

$m$  – broj potencijalnih lokacija,

$n$  – broj korisnika,

$c_{ij}$  – troškovi transporta jedne jedinice od skladišta  $i$  do korisnika  $j$ ,

$F_i$  – fiksni troškovi otvaranja i rada skladišta  $i$ ,

$D_j$  – broj jedinica koje zahteva korisnik  $j$ ,

$x_{ij}$  – broj jedinica koje se isporučuju iz skladišta  $i$  do korisnika  $j$ ,

$y_i = 1$  ako je skladište  $i$  otvoreno,  $0$  u suprotnom.

Formulisani problem predstavlja tzv. Miks celobrojni problem linearnog programiranja i često mu se oblik modifikuje i prilagođava primeni nekog od metoda za rešavanje LP problema. Tako

se problem rešava primenom tehnike grananja i ograničavanja (branch and bound), zatim Lagranževom relaksacijom, Erlenkotеровom dual ascent procedurom, kao i primenom nekih heuristika.

*Problem pokrivanja skupa  
(set covering problem)*

Ovaj pristup uobičajen je za rešavanje problema u slučajevima kada je neophodno obezbediti da svaki korisnik bude „pokriven“ (covered), tj. opsluživan sa najmanje jedne lokacije. Rešavanje ovog tipa problema tipično je za slučaj lociranja vatrogasnih stanica, domova zdravlja, policijskih stanica, studentskih domova, skladišta maloprodajne mreže,... Ciljna funkcija minimizira troškove lociranja zahtevanog broja objekata.

$$\text{Funkcija cilja: } \min \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\text{uz ograničenja: } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq 1 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

– svaki klijent treba da bude „pokriven“ najmanje jednim objektom, gde su:

$$x_j \in \{0, 1\} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$c_j$  – troškovi lociranja objekta na mestu  $j$ ,

$m$  – broj korisnika,

$n$  – broj objekata,

$$a_{ij} \begin{cases} 1, \text{ ako objekat na lokaciji } j \text{ može pokriti klijenta } i \\ 0, \text{ u svim ostalim slučajevima} \end{cases}$$

$$x_j \begin{cases} 1, \text{ ako je objekat lociran na mestu } j \\ 0, \text{ u svim ostalim situacijama} \end{cases}$$

Problemi ovog tipa rešavaju se, najčešće, tehnikom grananja i ograničavanja (branch and bound), ali je za probleme većih dimenzija potrebno angažovati znatno računarsko vreme. Od heuristika je često u upotrebi greedy algorithm („gramzivi“ algoritam).

**Specifični lokacijski problemi i vojne primene**

U zavisnosti od konkretnih zahteva koje generiše realizacija logističkih procesa problemi lociranja različitih resursa mogu zahtevati specifične pristupe. Kao ilustracija, prezentirane su neke od tih specifičnih primena teorije lokacije.

*Problem lociranja depoa za prazne kontejnere kao lokacijski problem sa balansnim zahtevima*

Posledica korišćenja povratnih logističkih jedinica jeste neophodnost aktiviranja kompleksnih procesa koji obuhvataju širok spektar različitih zadataka, od kojih posebno mesto zauzima izbor lokacija depoa za prazne kontejnere. Cilj je obezbeđenje dopreme praznih jedinica od korisnika i zadovoljenje tražnje za praznim kontejnerima – i jedno i drugo uz minimalne troškove. Specifičnost ovog problema jeste činjenica da tokovi kontejnera, u ovom slučaju postoje ne samo između korisnika i depoa već i između depoa radi realizacije balansnih zahteva koji su posledica neravnomernosti ponude i tražnje praznih kontejnera u gravitacionim zonama pojedinih depoa.

Ovaj problem, u slučaju determinističke tražnje, formulisali su Crainic, De-

jax i Delorne (1989), kao „običan lokacijsko-alokacijski problem sa balansnim zahtevima i više artikala“. Autori preporučuju nekoliko formulacija ovog problema, a jedna od osnovnih ideja je problem minimalnog toka kroz mrežu.

M. Vidović, H. Hwangu, K. H. Kim (2003) uopštavaju ovaj zadatak i tretiraju ga kao lokacijski-ruting problem sa balansnim zahtevima, što podrazumeva primenu na sistemima za male kontejnere i palete. Pri tome se koristi modifikovana postavka problema Crainic, Dejax i Delorne (1989), kombinovana sa formulacijom lokacijskog-ruting problema Tuzua and Burke (1999), a rešenje je utvrđeno primenom genetskog algoritma.

#### *Određivanje kapaciteta i lokacije vojnog centra za hitnu medicinsku pomoć*

Jedan od primera primene lokacijske teorije u optimizaciji prostornog rasporeda resursa medicinske zaštite u regionu, pod dejstvom hemijskih agensa ili fizičkog napada, razmatra R. S. Segall (2000). U radu se razmatra šest scenarija rasporeda vojnih stanica hitne medicinske pomoći, u slučaju kada su poznate raspodele zahteva za tom vrstom pomoći unutar određene teritorije.

#### *Lociranje novih objekata i racionalizacija postojećih kompleksa za smeštaj opasnih materija klase 1*

Kao rezultat rešavanja realnih problema lociranja objekata za smeštaj opasnih materija klase 1 (eksplozivne materije, prema klasifikaciji UN), radni tim Od-

seka za logistiku Saobraćajnog fakulteta razvio je nekoliko lokacijskih modela koji su uspešno primenjivani na optimizaciji realnih problema. Posebno se mogu izdvojiti dve grupe modela. Model za definisanje optimalne strukture novih skladišnih objekata (S. Vukićević, M. Miljuš, 1994) i modeli za optimizaciju broja i rasporeda objekata u postojećim kompleksima (M. Vidović, S. Cvetić, 1996).

U prvom modelu za definisanu količinu materija koju je potrebno smestiti u kompleks, primenom modela LP definiše se raspored objekata uz respektovanje potrebnih bezbednosnih rastojanja, pri čemu funkcija cilja minimizira investicije u objekte, saobraćajnice i očekivanu štetu, koja se definiše preko verovatnoća uništenja pri različitim vrstama napada na objekte. U okviru rešavanja problema optimizacije postojeće strukture objekata razvijena su dva heuristička modela. Jedan koji se bavi optimizacijom strukture objekata namenjenih za smeštaj materija čije se prostorno dejstvo opisuje preko doleta, i drugi koji respektuje materije čije se dejstvo opisuje eksplozijom u masi, što podrazumeva prisustvo nelinearne funkcije koja determiniše potrebno minimalno rastojanje među objektima.

### **Zaključak**

U radu su na sažet način predstavljene osnovne postavke lokacijske teorije koja danas, bez ikakve sumnje, predstavlja jednu od najrazvijenijih oblasti, kako operacionih istraživanja, tako i strateškog planiranja. Kompleksnost problema koji se tretiraju u okviru lokacijske analize i obimnost materije koja je evi-

dentna već i po broju do sada publikovanih radova, govore da ovim radom nije mogao biti obuhvaćen čitav niz zadataka koji postoje u literaturi, ali i u realnim logističkim sistemima. Ipak, i ovakav prikaz lokacijske teorije dovoljan je razlog za samostalno istraživanje ove oblasti, pri čemu značajnu pomoć može pružiti navedena literatura.

*Literatura:*

- [1] Aikens, C. H.: Facility location models for distribution planning, *European Journal of Operational Research* 22 (1985) 263–279.
- [2] Daskin, M. S.: *Network and Discrete Location: Models Algorithms and Applications*, Wiley, New York, (1995).
- [3] Francis, R. L.; McGinnis, L. F.; White, J. A.: Locational analysis, *European Journal of Operational Research* 12 (1983) 220–252.
- [4] Krarup, J.; Pruzan, P. M.: Selected families of location problems, *Annals of Discrete Mathematics* 5 (1979) 327–387.
- [5] Leonardi, G.: A unifying framework for public facility location problems – Part I: A critical overview and some unsolved problems, *Environment and Planning A* 13 (1981) 1001–1028.
- [6] ReVelle, C.; Marks, D.; Liebman, J. C.: An analysis of private and public sector location models, *Management Science* 16 (11) (1970) 692–707.
- [7] Tansel, B. C.; Francis, R. L.; Lowe, T. J.: Location on networks: A survey. Part I: The P-center and P-median problems, *Management Science* 29 (4) (1983 a) 482–497.
- [8] Tansel, B. C.; Francis, R. L.; Lowe, T. J.: Location on networks: A survey. Part II: Exploiting tree network structure, *Management Science* 29 (4) (1983 b) 498–511.
- [9] Weber, A.: *Über den Standort der Industrien*, University of Chicago, (1929).
- [10] Thünen J. H.: *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*, Berlin Schumacher-Zarchlin, (1875).
- [11] Owen, S. H.; M. Daskin: Strategic facility location: A review, *European Journal of Operational Research* 111 (1998), 423–447.
- [12] Dickman, B.: How the oldest recorded multiple facility location problem was solved, *Location Science* 3 (1), (1995), 55–60.
- [13] Hakimi, S. L.: Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph, *Operations Research* 12, (1964) 450–459.
- [14] Krarup, J., Pruzan, P. M.: The simple plant location problem: Survey and synthesis, *European Journal of Operational Research* 12, (1983), 36–81.
- [15] Sanderesh, H.: *Facility design*, PWS Publishing Co., Boston (1997).
- [16] Goetschalckh, M.: *Logistic systems design*, Avg. 1999, [www.isye.gatech.edu](http://www.isye.gatech.edu).
- [17] Crainic, T.; Dejax, P.; Delorme, L.: Models for multimode multicommodity location problems with interdepot balancing requirements, *Annals of Operations Research*, 18, (1989) 279–302.
- [18] Vidović, M.; Hwang, H.; Kim K. H.: Locating depots for empty containers as a probabilistic location routing problem with balancing demand, *Transport & Logistics*, No5, (2003) 71–87.
- [19] Tuzun, D.; Burke, L.: A two-phase tabu search approach to the location routing problem, *European Journal of Operational Research* 116, (1999) 87–99.
- [20] Segall, R. S.: Some quantitative methods for determining capacities and locations of military emergency medical facilities, *Applied Mathematical Modelling* 24 (2000) 365–389.
- [21] Vidović, M.; Cvetić, S.: Optimizacija korišćenja postojećih kompleksa za skladištenje ubojnih sredstava, *Vojnotehnički glasnik, god. XLIV, br 1*, (1996), Beograd.
- [22] Vukićević, S.; Miljuš M.: Predlog postupaka za optimizaciju strukture objekata novog skladišta za zadatak količinu UbS, *Tematski skup Kvalitet uskladištenih UbS*, (1994), Beograd.



Profesor dr Miloško Jevtović,  
dipl. inž.  
Elektrotehnički fakultet,  
Banja Luka

## ARHITEKTURA KVALITETA USLUGA TELEKOMUNIKACIONIH MREŽA

UDC: 621.39

### Rezime:

U radu je analizirana arhitektura kvaliteta usluga (Quality of Service, QoS) s ciljem da se definišu kriterijumi združivanja protokola kvaliteta usluga prema različitim klasama usluga (Class of Service, CoS) telekomunikacione mreže. Na osnovu definisanih klasa usluga, tipa mreže i primenjenih tehnika prenosa signala, mogu se definisati arhitekture QoS protokola koje zadovoljavaju zahtevane nivoe QoS-a za različite CoS, posebno za one koje zahtevaju komunikaciju u realnom vremenu.

*Ključne reči:* kvalitet usluga, arhitekture kvaliteta, telekomunikacione mreže, analiza arhitektura, kriterijumi pri projektovanju.

---

### QUALITY OF SERVICE ARCHITECTURES IN TELECOMMUNICATION NETWORKS

#### Summary:

This paper examines the problem of quality of service architectures implementation in today's telecommunication networks. The analyses of QoS architectures are given with particular emphasis on the criteria for QoS protocol embedding. According to predefined QoSs, types of network and techniques for signal transport, it is possible to determine QoS protocol architectures which will satisfy required QoS levels.

*Key words:* quality of service, QoS architectures, telecommunication networks, analysis of architectures, design criteria.

---

### Uvod

Standardne paketske računarske mreže zasnovane na IP protokolu (Internet Protocol), po svojoj tehničkoj koncepciji pružaju „best effort“ kvalitet usluga (Quality of Service, QoS) pri prenosu podataka. Drugim rečima, obezbeđuju samo onaj nivo kvaliteta koji mreža u određenom trenutku može dati, a ne obezbeđuju zahtevani niti garantovani kvalitet usluga. Takve mreže, kao što je globalna računarska mreža Internet, prenose pakete sa kašnjenjem, varijacijom kašnjenja i određenom verovatnoćom gubitka paketa podataka. Ovakav kvalitet zadovoljava samo tipične

Internet aplikacije, odnosno klase usluga (Class of Service, CoS), kao što su:

- elektronska pošta (e-mail);
- prenos datoteka (file transfer);
- Web aplikacije (WWW applications).

Kašnjenje pri prenosu paketa preko IP mreže stvara velike probleme za aplikacije koje zahtevaju prenos u realnom vremenu, kao što su: multimedijalna komunikacija, video konferencije i paketski prenos govora. Čak i na relativno neopterećenim IP mrežama kašnjenje pri isporuci paketa poruke vrlo je veliko i ne može se jednostavno prilagoditi za komunikaciju u realnom vremenu.

Da bi se obezbedile nove klase usluga i komunikacija u realnom vremenu, IP mreže se moraju dopuniti novim tehničkim rešenjima, tj. kvantitavnim i kvalitativnim performansama. To zahteva da se IP mreži doda određeni nivo „inteligencije“, kako bi bio podržan saobraćaj koji zahteva stroga vremenska ograničenja u prenosu kroz datu mrežu. Pri tome se imaju u vidu zahtevi za: širinu propusnog opsega, ograničeno kašnjenje, džiter i verovatnoću gubitka paketa. Problem se rešava korišćenjem određenih QoS protokola.

Da bi se mreža prilagodila potrebama tih različitih tipova QoS-a, razvijeni su i koriste se brojni različiti QoS protokoli i algoritmi, među kojima se najčešće primenjuju:

- protokol integrisane usluge – Int-Serv protokol (Integrated Service), dodelom prioriteta, koji vrši selekciju saobraćajnih tokova pri obezbeđenju kvaliteta usluga;

- Subnet Bandwidth Management, SBM protokol, koji omogućava kategorizaciju i prioritete paketa podataka na drugom sloju (Layer 2), odnosno na vodu podataka OSI modela mreže, deljenjem i komutacijom mreže prema standardu IEEE 802;

- ReSerVation Protocol (RSVP), koji obezbeđuje signalizaciju da bi omogućio rezervaciju mrežnih resursa (postupak poznat kao integrisane usluge, engl. Integrated Service);

- Differentiated Services (DiffServ), koji predstavlja jednostavan način za kategorizaciju i obezbeđenje prioriteta tokova mrežnog saobraćaja;

- protokol prenosa u realnom vremenu RTP (Real Time Protocol, RTP), koji obezbeđuje sinhronizaciju paketa na

određitu i prenos podataka u realnom vremenu;

- protokol upravljanja u realnom vremenu RTCP (Real Time Control Protocol), koji obezbeđuje informacije o kvalitetu prenosa poruka, identifikuje RTP izvor, obavlja nadzor saobraćaja u mreži, itd.;

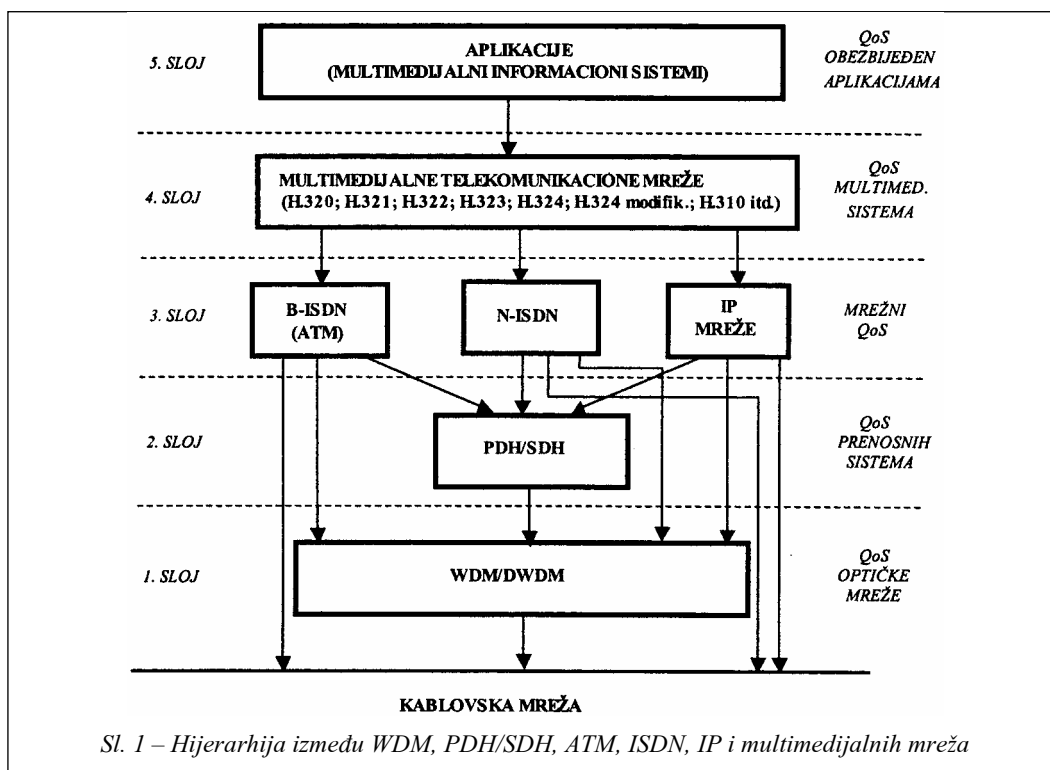
- protokol komutacije multiprotokolske labele MPLS (MultiProtocol Label Switching) koji je namenjen za označavanje, rutiranje, usmeravanje i komutaciju saobraćaja, a omogućava upravljanje propusnim opsegom za skupove saobraćajnih tokova preko mreže sa rutiranjem i usmeravanjem saobraćaja koji je upravljani labelom. MPLS je više protokol „inžinjerstva saobraćaja“, nego što je protokol kvaliteta usluga.

Pored pomenutih, u protokole kvaliteta usluga ubrajaju se: protokoli ATM adaptacionog sloja AAL-1, AAL-2 i AAL-5, Internet protokol verzije 6 (IP v6), multiprotokolska komunikacija preko ATM mreže – MPOA, protokoli virtuelnih privatnih mreža (VPN), npr. protokol PPTP.

### **Hijerarhije i arhitekture QoS telekomunikacionih mreža**

Multimedijalni informacioni sistemi formiraju se nad slojevitom strukturom različitih telekomunikacionih mreža koje se mogu predstaviti određenom hijerarhijskom strukturom, kao što je prikazano na slici 1.

Svaka od mreža u prikazanoj hijerarhijskoj strukturi obezbeđuje sopstveni mrežni QoS [1]. Najniži u hijerarhiji su optički, tj. talasni multipleksni sistemi (Wave Division Multiplex, WDM ili DWDM),



odnosno optička kablovska mreža sa talasnim multipleksnim sistemima.

Na drugom sloju, nad WDM optičkom mrežom nadgrađuje se mreža plezi-ohronih, odnosno sinhronih digitalnih hijerarhijskih prenosnih sistema, tj. kombinovanih PDH/SDH sistema (Plesiochronous Digital Hierarchy/Synchronous Digital Hierarchy).

Na trećem sloju, odnosno nad PDH/SDH mrežom, formiraju se digitalne mreže integrisanih službi: uskopo- jasna ISDN (Integrated Service Digital Network) mreža (N-ISDN) ili širokopojasna ATM (Asynchronous Transfer Mode) mreža (B-ISDN). Na istom sloju, iznad PDH/SDH može biti formirana paketska IP mreža ili MPLS mreža.

Na četvrtom sloju arhitekture mreža formiraju se, odnosno nadgrađuju multime-

dijalne mreže prema standardima: H.320, H.323, H.324, H.321, H.311 Međunarodne unije za telekomunikacije (ITU-T).

Peti sloj u hijerarhiji čine razne aplikacije, odnosno multimedijalni informacioni sistemi, kao što su: telemedicina, rad na daljini, obrazovanje na daljini, elektronska trgovina (e-commerce), elektronsko bankarstvo (e-banking), elektronsko poslovanje, meteorološki informacioni sistemi, vojni komandno-informacioni sistemi i dr.

### OSI arhitektura protokola kvaliteta usluga

QoS pojedinih mreža u prikazanoj hijerarhiji, pored ostalog, podržava skup protokola kvaliteta usluga. Uobičajeno je da su ti QoS protokoli pridruženi OSI ar-

hitekturi komunikacionih protokola date mreže. Jedan primer OSI arhitekture mreža sa pridruženim QoS protokolima prikazan je u tabeli 1.

### Združivanje QoS protokola

Svaki od navedenih tipova protokola QoS-a može se nezavisno koristiti s kraja na kraj veze, odnosno u komunikaciji od predajnika do prijemnika. U realnim primenama ne dešava se da se pojedinačni QoS protokoli koriste nezavisno, već se kombinuju sa drugim tipovima protokola.

Protokoli su projektovani tako da se mogu koristiti sa drugim QoS tehnikama primenjenim između predajnika i prijemnika, a obezbeđuju kvalitet usluga „od vrha do dna“ (top-to-bottom), odnosno odzgo nadole i „s kraja na kraj veze“ (end-to-end). Na slici 2 prikazana je arhitektura nekoliko združenih QoS protokola.

DiffServ je komplementaran protokolu RSVP, a zajedno ovi protokoli obezbeđuju QoS s kraja na kraj veze. Krajnji računari mogu koristiti RSVP zahteve sa zadatim parametrima QoS-a (propusni opseg, kašnjenje, džiter, itd.). Granični ruteri na ulaznim tačkama kič-

mene mreže (Backbone network) preslikavaju RSVP „rezervaciju“ na klase usluga polja TOS (Type Of Service) protokola IP v4, odnosno na DS bajt (polje TOS) u zaglavlju ovog protokola. Na izlazu kičmene mreže ponovo se obezbeđuje RVSP, odnosno rezervacija resursa do krajnjeg odredišta. Na sličan način kombinuje se protokol RSVP u lokalnoj računarskoj mreži (LAN) sa MPLS protokolom u kičmenoj WAN mreži.

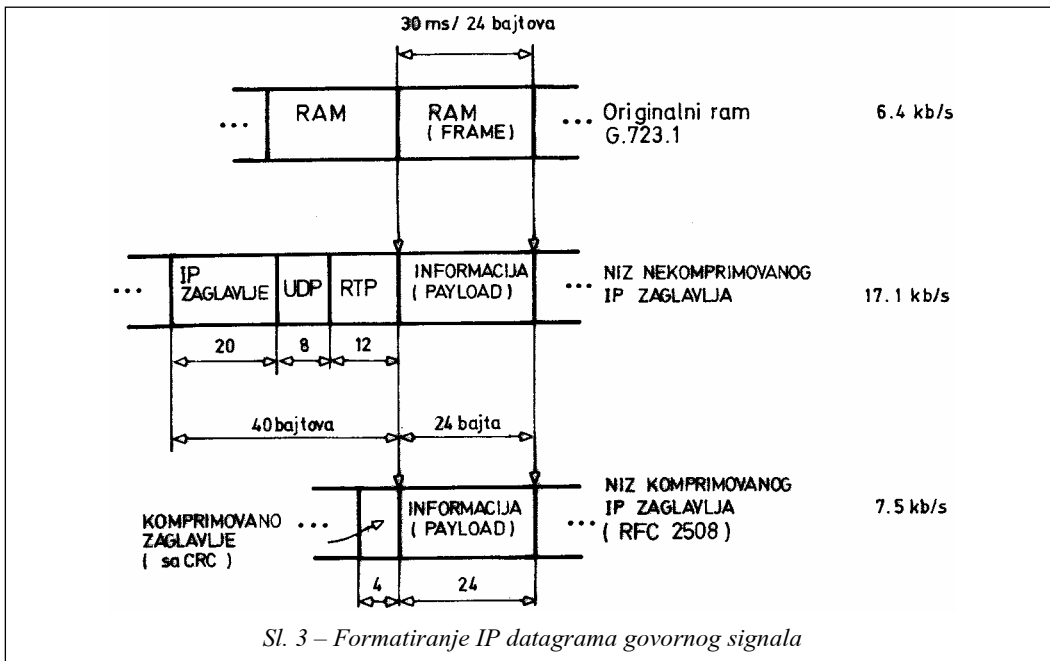
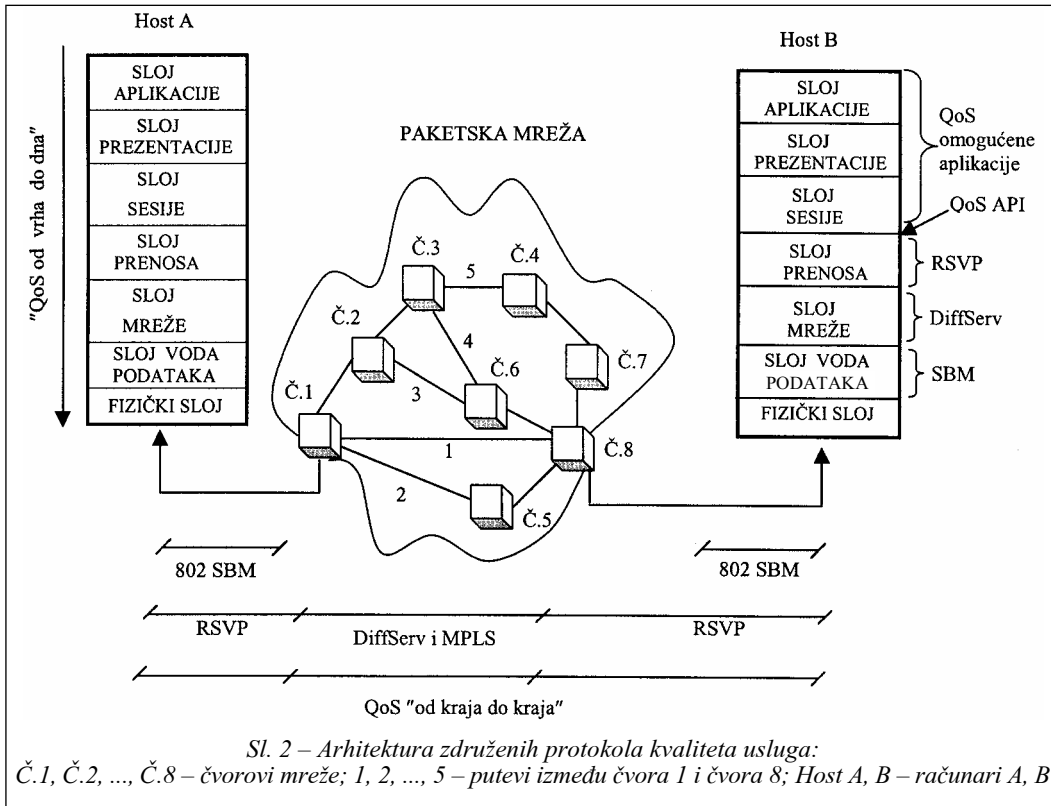
Jedan primer združivanja QoS protokola predstavlja skup protokola koji podržavaju paketski prenos govora u IP mrežama, odnosno VoIP. Na slici 3 prikazan je postupak formiranja zaglavlja paketa govornog signala, korišćenjem RTP, UDP i IP v4 protokola.

Govorni signal se konvertuje u digitalni oblik i komprimuje u pakete ili datagrame, primenom algoritma kompresije koji je definisan ITU-T standardom G.723.1. Ramovi – paketi su trajanja 30 ms, pri čemu svaki ram sadrži 24 bajta. Bitski protok je 6,4 kb/s. Na svaki ram – datagram ili paket govornog signala dužine 24 bajta dodaju se zaglavlja protokola IP, UDP i RTP. Formira se zaglavlje dužine 40 bajta na svaki informacioni ram govornog signala i dobija bitski niz protoka

Tabela 1

OSI arhitektura sa pridruženim QoS protokolima

OSI slojevi	QoS protokoli	Oznaka sloja
Sloj primene (aplikacije)	QoS koji omogućuju aplikacije	7. sloj
Sloj prikaza (prezentacije)	G.711; G.722; G.728; G.723.1; G.729; M PEG-1; M PEG-2; M PEG-4; JPEG, JPEG-2000; H.261; H.263; H.263. ver.3; H.320; H.321; H.322; H.323; H.324; H.324 modifik.; H.310; H.311; T.120 (T.120-T.127)	6. sloj
Sloj sesije (dijaloga)		5. sloj
Sloj prenosa	RSVP; RTP; RTCP; MPOA; MPLS	4. sloj
Sloj mreže	AAL-1; AAL-2; AAL-5; M PLS; DiffServ; IPv6; IntServ; ATM	3. sloj
Sloj voda podataka	ATM; SBM; M PLS; VPN (PPTP)	2. sloj
Fizički sloj	IEEE 802.1.Q; IEEE 802.1p; I.350; G.821; G.826	1. sloj



17,1 kb/s. Sledi kompresija zaglavlja prema standardu RFC 2508 i dobija digitalni signal bitskog protoka 7,5 kb/s. U ovom slučaju primenjena su dva protokola kvaliteta usluga: DiffServ (korišćenjem polja TOS u zaglavlju IP v4) i RTP protokol, koji podržava komunikaciju u realnom vremenu i sinhronizaciju paketa govornog signala.

## Arhitektura kvaliteta usluga multimedijalnih mreža

Multimedijalna komunikacija može se realizovati preko različitih telekomunikacionih mreža, njihovom „nadgradnjom“ u skladu sa odgovarajućim standardima. U tabeli 2 prikazan je pregled

Tabela 2

*Pregled telekomunikacionih i računarskih mreža i standarda za multimedijalnu komunikaciju i video konferencijske sisteme*

Standardi	Funkcija mreže	Mreža	Video	Govor	Podaci
H.320	Videokomunikacija preko ISDN mreže	ISDN	H.261 H.263	G.711 G.722 G.728	T.120
H.323	Videokomunikacija preko IP/TCP računarskih mreža	IP/TCP LAN	H.261 H.263	G.711 G.722 G.728 G.723.1	T.120
H.324	Videokomunikacija preko javne komutirane telefonske mreže	PSTN ISDN	H.261 H.263	G.723.1 G.711 G.722 G.728 7.729 MPEG-1	T.120
H.310	Videokomunikacija preko ATM (prenos preko B-ISDN)	ATM Cell Relay	MPEG-2 H.261	MPEG-2 G.711 G.722 G.728	T.120
H.321	Videokomunikacija preko ATM standarda zasnovan na H.320	ATM	H.261 H.263	G.711 G.722 G.728	T.120
H.322	Videokomunikacija preko mreža sa komutacijom paketa	Frame Relay	H.261 H.263	G.711 G.722 G.728 G.723.1	T.120
H.324 Modif.	Videokomunikacija preko mobilnih mreža	GSM (2,5G) UMTS (3G)	H.261 H.261 MPEG-4	G.723.1 G.728	WAP T.120

Značenje skraćenica:

ISDN – Integrated Service Digital Network (digitalna mreža integrisanih službi),

PSTN – Public Switching Telephone Network (javna komutirana telefonska mreža),

LAN – Local Area Network (lokalna računarska mreža),

ATM – Asynchronous Transfer Mode (asinhroni način transfera),

GSM – Global Mobile System (globalni mobilni telefonski sistem),

UMTS – Universal Mobile Telecommunications System (univerzalni mobilni telekomunikacioni sistem),

WAP – Wireless Access Protocol (bežični protokol pristupa),

H.320, H.323, H.324, H.310, H.322, H.321, H.324.mod – Skupovi protokola Međunarodne unije za telekomunikacije, koji se odnose na videokonferencijske sisteme i multimedijalnu komunikaciju,

H.261, H.263, MPEG-2, MPEG-4 – Standardi za kompresiju/dekompresiju video slike,

G.711, G.722, G.728, G.729, G.723.1 – Standardi Međunarodne unije za telekomunikacije, koji se odnose na kompresiju/dekompresiju audio i govornih signala,

T.120 – Skup protokola Međunarodne unije za telekomunikacije, koji se odnose na prenos podataka prilikom multimedijalne komunikacije.

telekomunikacionih i računarskih mreža i standarda za multimedijalnu komunikaciju i videokonferencijske sisteme.

Za sve navedene mreže potrebno je da se arhitekturom protokola obezbedi neophodan kvalitet usluga. Arhitekture QoS protokola nisu standardizovane.

Kao rezultat nastojanja da se obezbedi arhitektura za QoS upravljanje „s kraja na kraj“ veze, integrisana sa mrežnokonfigurisanim QoS službama, odnosno uslugama i protokolima, predloženo je nekoliko različitih modela [5]:

- Extended Integrated Reference Model (XRM), razvijen na Columbia Univerzitetu;
- Quality of Service Architecture (QoS-A), razvijen na Lancaster Univerzitetu;
- OSI QoS Framework, koji je predložila ISO SC21 QoS radna grupa;
- Heidelberg QoS Model, koji je razvio IBM-ov evropski mrežni centar;

– OMEGA Architecture, koja je razvijena na Pennsylvania Univerzitetu;

– TINA QoS Framework, koji je razvio TINA Konzorcijum;

– IETF QoS Manager (QM), koji je razvio IETF radne grupe za integrisane službe net Architecture na California Univerzitetu;

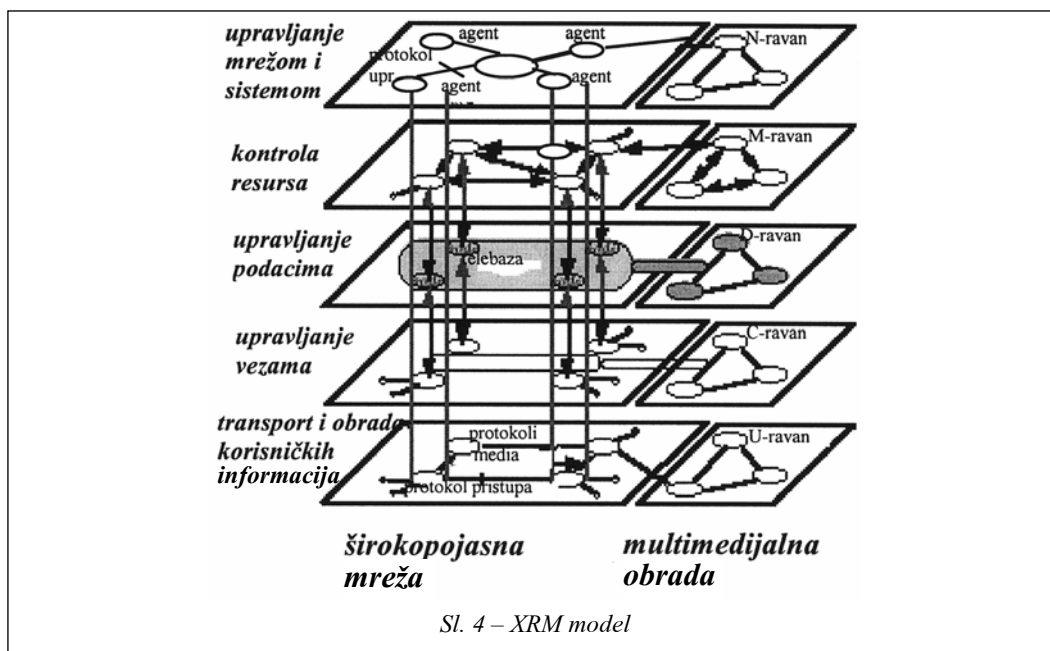
– End System QoS Framework, koji je razvijen na Washington Univerzitetu.

Za detaljniju analizu interesantne su tri arhitekture QoS-a: XRM, Lancaster i OSI.

#### *XRM model*

COMET grupa, na Columbia Univerzitetu, razvila je XRM (Extended Integrated Reference Model) model kao okvir za upravljanje i nadzor multimedijalnih telekomunikacionih mreža. Ovaj model podeljen je u pet funkcionalnih ravni, sa sledećim funkcijama (slika 4):

- funkcije upravljanja, objedinjene su unutar ravni upravljanja mrežom (N-



ravan) i obuhvataju OSI (Open Systems Interconnection) funkcionalna područja mrežnog i sistemskog upravljanja;

- funkcije kontrole saobraćaja, objedinjavaju kontrolu resursa (M-ravan) i kontrolnu ravan (C-ravan);

- funkcije transporta informacija, locirane su unutar korisničke transportne ravni (U-ravan) i modeliraju protokole medija i entitete za transport korisničkih informacija u mreži i krajnjim sistemima;

- telebaza, pripada tzv. D-ravni i omogućava združeno predstavljanje informacija, podataka, kao i odgovarajućih apstrakcija u postojećim mrežama i krajnjim sistemima.

XRM modelira arhitekturu „s kraja na kraj“ kao multiprocesorsku multimedijalnu radnu stanicu čiji su osnovni elementi:

- audio i video jedinica, koja obavlja multimedijalno procesiranje;
- ulazno-izlazni podsistem,
- jedinica glavnog procesora.

QoS za određene klase usluga definisan je preko skupa parametara (kašnjenje, gubici, džiter, itd.). Metodologija karakterizacije mrežnih resursa proširena je na krajnji sistem radi definisanja kapaciteta multimedijalnih uređaja.

#### *Lancaster QoS arhitektura*

QoS arhitektura (QoS-A) jeste slojevita arhitektura za opis službi i mehanizama QoS upravljanja, kao i kontrole prenosa multimedijalnog saobraćaja (slika 5).

Sloj distribuirane sistemske platforme obezbeđuje multimedijalnu komunikaciju i realizovanje željenog QoS-a u objektivnoorijentisanom okruženju. Sloj konfiguracije i sinhronizacije obavlja ko-

rekciju džitera i multimedijalnu sinhronizaciju, dok transportni sloj sadrži skup QoS konfigurabilnih službi i mehanizama. Niži slojevi predstavljaju osnovu za QoS podršku „s kraja na kraj“.



Sl. 5 – QoS-A model

QoS upravljanje se realizuje u tri vertikalne ravni. Ravan protokola, koju čine korisničke i kontrolna podravan, zasnovana je na principu korišćenja odvojenih profila zbog različitih QoS zahteva za upravljanje i prenos. Ravan održavanja QoS-a sadrži mehanizme za nadzor i održavanje pridruženih entiteta protokola. Ravan upravljanja tokom obezbeđuje funkcije kontrole pristupa „s kraja na kraj“, QoS bazirano rutiranje i rezervaciju resursa, QoS mapiranje (translacija QoS reprezentacije između slojeva) i QoS skaliranje (obuhvata QoS filtriranje i adaptaciju).

#### *OSI QoS arhitektura*

OSI radni model predstavlja okvir za definisanje QoS terminologije i koncepta, a prvenstveno omogućava identifikaciju objekata koji su od interesa za QoS u standardima za otvorene sisteme. QoS objekti i njihove interakcije opisuju se definisanjem skupa QoS karakteristika. Osnovni elementi ovog koncepta su:



- QoS zahtevi, koji se realizuju preko entiteta QoS upravljanja i održavanja;
- QoS karakteristike, koje predstavljaju opis osnovnih QoS merenja koje je potrebno obaviti;
- QoS kategorije, koje obuhvataju grupe QoS zahteva koji se odnose na pojedinačna okruženja (npr. vremenski kritične komunikacije);
- QoS funkcije upravljanja, koje se mogu primeniti na različite QoS karakteristike kako bi se ispunili određeni QoS zahtevi.

### Zaključak

Obezbeđenje QoS-a u savremenim telekomunikacionim mrežama predstavlja jedan od dominantnih zahteva pri planiranju i projektovanju mreže. Primena poboljšanih tehnologija digitalne obrade signala i algoritama kompresije govora daje

optimalne rezultate samo uz implementaciju efikasnog mehanizma (protokola, algoritma) za realizovanje željenog QoS-a. Pri tome, funkcionisanje ovakvog mehanizma mora biti nezavisno od načina implementacije osnovne mrežne infrastrukture (ATM, IP, Frame Relay, ISDN, itd.).

Arhitekture QoS-a analizirane u ovom radu, zasnovane su na slojevitoj strukturi koja je preduslov za obezbeđenje kvaliteta usluga „od vrha do dna“ (top-to-bottom) i „s kraja na kraj veze“ (end-to-end).

### Literatura:

- [1] Jevtović, M.: Kvalitet usluga telekomunikacionih mreža, ISBN 86-903281-1-4, Grafo-Žig, Beograd, str. 228, 2002.
- [2] Jevtović, M.: Protokoli kvaliteta usluga, Telekomunikacije, No 2, 2003.
- [3] Jevtović, M., Gardašević, G.: Analiza protokola kvaliteta usluga, Zbornik Konferencije ETRAN-a, Igalo, jun 2003.
- [4] QoS protocols & architectures, White Paper, qosport\_v.3.doc, www.stardust.com, qosport\_v.3.doc, July 1999.
- [5] Campbela, A.; Aurrecoecheas, C.; Hauw L.: A Review of QoS Architectures, ACM Multimedia Systems Journal, 1996.



**Dr Branko Đedović,**  
pukovnik, dipl. inž.  
**dr Branislav Jakić,**  
pukovnik, dipl. inž.  
Ministarstvo odbrane SCG,  
Sektor za materijalne resurse,  
Beograd

## **PRILOG KVALITETU U ODBRAMBENIM TEHNOLOGIJAMA SA ASPEKTA LOGISTIČKIH POTREBA\***

UDC:623.483 :: 623.1/9 : 658.562

### *Rezime:*

*Nove krize i izazovi kao oblici reagovanja nametnuli su potrebu da ekonomski i vojno jake, industrijski i tehnološki razvijene zemlje jačaju faktor kvaliteta u odbrambenim tehnologijama u funkciji demonstracije vojne sile i tehnološke moći. Odrambene tehnologije i savremene strategije su u komplementarnom odnosu i uzročno-posledičnoj vezi. Brze tehnološke promene neizbežno zahtevaju projektovanje i programiranje ključnih parametara kvaliteta, kako bi sinergijski efekat dejstva tehnike i taktike imali optimalno postizanje cilja. Operativni izraz osnovnih činilaca kvaliteta ogleda se u logističkim postavkama podrške borbenim dejstvima i kriterijumima efikasnosti i gotovosti za upotrebu. Sistem menadžmenta kvaliteta u odbrambenim tehnologijama, u kontekstu logističkih potreba, omogućuje kvalitetan opis i pouzdanu predikciju u oblasti realizacije zadataka.*

*Ključne reči: kvalitet, odbrambene tehnologije, logistička podrška, sistem menadžmenta u oblasti kvaliteta.*

---

## **CONTRIBUTION TO THE QUALITY FACTOR IN DEFENCE TECHNOLOGIES FROM THE STANDPOINT OF LOGISTIC NEEDS**

### *Summary:*

*Economically and military strong industrial and technologically developed countries face rising crises and challenges as reactions which impose the need of strengthening the quality factor in defence technologies as a demonstration of military force and technological supremacy. Being in the relation of cause and effect, defence technologies and modern strategies complement each other. Fast technological changes require design and programming of quality key parameters in order to achieve an optimum goal through the synergy of technology and tactics. The operational expression of basic quality parameters reflects in the logistic support prerequisites for combat actions as well as for efficiency and combat readiness criteria. The quality management system in defence technologies enables a high-quality description and a reliable prediction of mission realization.*

*Key words: quality, defence technologies, logistic support, quality management system.*

### **Uvod**

Značaj odbrambenih tehnologija za privredni i socijalni razvoj i konkurentnost proizvoda, usluga, organizacija, sektora i celokupne nacionalne ekonomije, nameće potrebu mudrog i efikasnog

upravljanja tehnološkim razvojem u svim područjima i na svim nivoima.

Najaktuelniji problemi proizvodnje se, istorijski gledano, premeštaju sa sredstava za rad preko resursa na tehnologije procesa obrade resursa (na znanje). Zbog jačanja konkurentnosti kreativnost se usmerava u nove oblasti. Metodama za optimalno angažovanje znanja i raspode-

---

\* Rad je saopšten na Nacionalnoj konvenciji o kvalitetu 2004, održanoj od 20. do 24. juna u Beogradu.

lu ograničenih materijalnih resursa privrednog potencijala stvaraju se pretpostavke za poboljšanje kvaliteta.

Tehnološka definicija kvaliteta, koja proizilazi iz suštine savremenog pristupa upravljanju privrednim razvojem, ukazuje na njegovu svrhu i ciljeve. Osnovne odrednice takvog gledišta kvaliteta su: da služi upravljanju kao pokazatelj valjanosti upravljačkih rešenja; da omogući preduzimanje pravovremenih korektivnih mera; da omogući spoznaju elemenata i procesa poboljšanja upravljanja.

### **Kvalitet u odbrambenim tehnologijama**

Nove systemske postavke obezbeđenja kvaliteta i nove tehnološko-tehničke mogućnosti u armijama ekonomski i tehnološki razvijenih zemalja, malim zemljama sa odbrambenom doktrinom nametnule su potrebu iznalaženja sopstvenih modela tehničke modernizacije i uspostavljanja sistema menadžmenta kvalitetom u razvoju i proizvodnji sredstava naoružanja i vojne opreme (NVO).

Veoma intenzivan razvoj odbrambenih tehnologija na kraju dvadesetog veka, a naročito informacionih tehnologija, vođenih postulatima nove filozofije kvaliteta, otvorio je nove mogućnosti u razvoju ratne tehnike.

U osnovi ideje za napretkom stoji zahtev za kvalitet. Obezbeđenje kvaliteta u odbrambenim tehnologijama, koje podržavaju tehničko-tehnološki faktor savremenog rata, postaje primarni interes u daljem napretku moćnih i snažnih zemalja.

Saradnja u oblasti tehničko-tehnološkog razvoja kroz oblike bezbednosnih integracija zemljama u razvoju znatno će olakšati proces razumevanja, izgradnje i primene sistema menadžmenta kvalitetom u odbrambenim tehnologijama.

Tehnološki, industrijski i ekonomski razvijene zemlje nauku i tehnologiju su stavile u službu jačanja vojnog faktora i njegove uloge u svetu, i tako u jakoj interakciji tehnologije i kvaliteta projektuju, razvijaju, i proizvode savremena vojna tehnička sredstva.

Systemske odrednice, organizaciona rešenja i formalizovani algoritmi upravljanja kvalitetom u privrednom i tehnološkom potencijalu zemlje delom se uspešno mogu primeniti i u delikatnom području odbrambenih tehnologija.

Pod sistemom kvaliteta podrazumeva se podsistem u poslovnom sistemu koji daje podatak o tome šta sistem sve obuhvata i reguliše. Na pitanje kako sistem funkcioniše, odgovor se dobija kroz dokumenta sistema kvaliteta (poslovnik, planovi kvaliteta, uputstva i instrukcije) i implementaciju dokumentata uvidom u odgovarajuće zapise kvaliteta.

Sistem kvaliteta sadrži: organizacionu strukturu, funkcije, procese, zahteve sistema kvaliteta, dokumenta sistema kvaliteta i metode merenja, praćenja, analize i poboljšanja procesa. Odnosi unutar arhitekture sistema kvaliteta iskazuju se dekompozicionim dijagramima, asocijativnim matricama, tabelama, tehnikama grafičkog prikazivanja i tekstom.

Dekompozicionim dijagramima se, na grafički način, celina posmatra raščlanjeno po svojim sastavnim elementima,

pri čemu se lako uočavaju međusobne veze, odnosi i nadređenost elemenata u celini.

U opisu elemenata i procesa kvaliteta, kada je to potrebno, treba koristiti kratke, jasne i nedvosmislene formulacije sa odgovarajućim nabranjima.

U celini posmatrano, sistem kvaliteta oblikuje, prvenstveno, proizvodni program organizacije i struktura proizvoda, tj. tip unutrašnje organizacije uslovljen osnovnom delatnošću, ciljevima, misijom i politikom.

Sistem kvaliteta može se predstaviti kao:

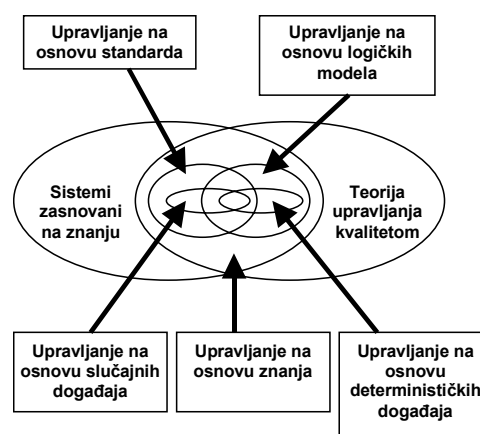
- raščlanjivanje organizacione strukture;
- uspostavljanje veza između unutrašnje organizacione strukture i poslovnih funkcija;
- raščlanjivanje poslovnih funkcija na potfunkcije;
- identifikacija procesa u okviru poslovnih funkcija;
- uspostavljanje veza između unutrašnje organizacione strukture i procesa;
- uspostavljanje veza između procesa i zahteva iz standarda kvaliteta;
- utvrđivanje početka i kraja procesa;
- analiza toka procesa (izrada algoritma toka procesa);
- analiza toka procesa po životnom ciklusu;
- dokumentovanje procesa;
- utvrđivanje načina merenja, praćenja, analize i poboljšanja elemenata svakog procesa pojedinačno.

Napredak u razvoju tehnologija, novi dometi i primene rezultata pravovremeno i pravilno definisanih zahteva kva-

liteta u tehničko-tehnološkoj strukturi privrede zemlje potvrđuju mesto, ulogu i značaj kvaliteta.

U razmatranju specifičnosti zahteva i potreba učešća kvaliteta u odbrambenim tehnologijama, pored široke primene, standardne forme, zahtevi kvaliteta tržišnih proizvoda nisu mogli u potpunosti odgovoriti potrebama. U kontekstu analize novih izazova u kvalitetu nalazi se potreba da se kvalitet posmatra višestruko i da se iz gledišta višeznačajnog pristupa upravlja kvalitetom.

Kvalitet, kao složen proces, može se smatrati dinamičkim sistemom. Upravljanje kvalitetom zahteva multidisciplinarni pristup, što se može šematski prikazati kao na sl. 1. Za nove definisane zahteve i postignute uspehe trebalo je kontinuirano unapređivati i dograđivati zahteve, forme i oblike primene kvaliteta, a parametre kvaliteta pravilno ponderisati i uzročno-posledično formulisati u opštem obrascu logičke postavke procesa istraživanja, razvoja i osvajanja proizvodnje sredstava ratne tehnike.



Sl. 1 – Šematski prikaz multidisciplinarnog pristupa sistemu menadžmenta kvalitetom

Osnovne karakteristike savremenih tehničkih sredstava naoružanja i vojne opreme, sa kojima raspolažu razvijene zemlje po njihovim standardima kvaliteta su: autonomna pokretljivost u borbenoj upotrebi, zastupljenost visokog stepena automatizacije svih njihovih funkcija i velika potrošnja svih vrsta energije (ubojna sredstva, pogonska sredstva i električna energija) pri izvršenju funkcionalnih zadataka. Njihova konstrukcija je višeznačajna integracija naučno-tehničkih i tehnoloških dostignuća iz više oblasti, a kvalitet upotrebe je rezultat integracija složenih procedura i postupaka implementiranih u sve faze životnog veka sredstva – borbenog sistema.

U tom kontekstu kvalitet se definiše kao mera uspešnosti naoružanja da, pouzdano u svim uslovima determinističkih i stohastičkih okolnosti koje okružuju prostor upotrebe sredstva, izvrši namenski zadatak. Ova činjenica opravdava resurse, snage i sredstva koja se ulažu u istraživanje, razvoj i dogradnju sistema menadžmenta kvalitetom u procesu proizvodnje NVO, a podseća na filozofsku odrednicu da kvalitet mora da prednjači razvoju sredstava, usmerava ga, verifikuje po etapama i fazama i u celini određuje konačan stav o idejnoj zamisli o konceptu razvoja sredstava.

Danas kvalitet u proizvodnji i primeni ratne tehnike predstavlja nadmoć za stranu koja uspeva da ga spozna i primeni i inferiornost za stranu koja ga ne prepoznaje.

Delikatno pitanje je kako male zemlje, koje proizvode naoružanje čije su taktičko-tehničke karakteristike niže od svojstava iste vrste sredstava oružanih snaga ekonomski jakih armija, mogu da obezbede paritet.

Nameće se razmišljanje da je jedino moguće rešenje dodatnim znanjima iz oblasti kvaliteta podići upotrebnii nivo sredstva na bazi raspoloživih odbrambenih tehnologija, kako bi se odgovorilo visokoj sofisticiranosti savremenih sredstava koje moćni mogu da razviju i upotrebe. Nove odbrambene tehnologije bez odgovarajućeg sistema kvaliteta koji ih prati i usmerava definiše prednosti i ograničenja, područja primene i zabrane dale bi razorne rezultate.

Proizvodne korporacije koje se do danas nisu transformisale i reorganizovale za tržište doba kvaliteta nemaju budućnost. Zahtevi kvaliteta menjaju tok napretka i transformacije i nameću novu meru u oceni vojne sile.

Osnovni postulati nove filozofije po pitanju kvaliteta su:

- vizionarstvo najvišeg upravljačkog nivoa organizacije;
- prihvatanje holističkog koncepta kvaliteta;
- postavljanje ciljeva kvaliteta i njihova integracija sa poslovnim planovima organizacije;
- obuka i osposobljavanje ljudi za razumevanje i obavljanje različitih zadataka;
- davanje ovlašćenja za donošenje odluka nižim hijerarhijskim nivoima.

Poslednji stavovi predstavljaju implicitno iskazan Taylorov princip razvoja i usavršavanja radnika, kao i u potpunosti potvrđen Fayolov princip decentralizacije.

Do ovakvog odnosa prema kvalitetu dovelo je uvažavanje činjenice da:

- kvalitet ima mnogo više zajedničkog sa čovekovom prirodom nego što je slučaj sa troškovima i produktivnošću, jer prožima sve životne aktivnosti (Thiel navodi Feurbachove reči „kvalitet i osećanja su jedno i isto“);

– čovek mnogo teže odbija zahtev da unapredi kvalitet, nego zahtev da smanji troškove ili da poveća produktivnost;

– unapređenje kvaliteta predstavlja zadovoljstvo za čoveka, jer se on time samopotvrđuje;

– postoji podjednaka zainteresovanost proizvođača i kupca za kvalitet. Kvalitet proizvoda se sagledava u okviru aktivnosti „savesti“ organizacije (uz ekologiju, bezbednost i dr.), pri čemu su te aktivnosti deo radnih zadataka najvišeg rukovodstva, a kreativno razmišljanje je potporni stub novog koncepta kvaliteta;

– zaključuju se dugoročni ugovori između potrošača i dobavljača, u smislu izbora delova i isporučilaca, tokova materijala i informacija, sistema obezbeđenja kvaliteta, transporta, itd;

– segmentira se proizvodnja;

– razdvajaju se kapaciteti – modularna organizacija;

– optimiziraju se tokovi;

– izvodi se grupna organizacija: promenljiva veličina serije, najmanje vreme pripreme, prostorna koncentracija opreme sa promenljivim rasporedom, statistička kontrola procesa, integralno upravljanje procesom, princip samokontrole;

– izvodi se integrisani upravljačko-informacioni sistem;

– primenjuju se principi tražnje;

– proizvodnja i nabavka su sa potrebnom pratećom dokumentacijom.

Demingov PDCA ciklus sastoji se od:

– planiranja (utvrđivanja mogućnosti svakog procesa i uspostavljanja statističke kontrole),

– izvršenja (proizvodnje),

– kontrole (provere i praćenja proizvodnje),

– delovanja (sinhronizovanja proizvodnje).

Ovaj ciklus čini osnovu integrisanog upravljanja proizvodnjom.

Zahtevi reorganizacije vojske danas, posmatrani iz ugla kvaliteta i u okviru svetskih procesa transformacije armija, trebalo bi da idu u pravcu smanjenja vojnika, manjeg utroška novca i veće efikasnosti upotrebe vojne sile. Dakle, reorganizovana vojska treba da predstavlja efikasnije snage koje svoje resurse (kadrovske i materijalne) koriste drugačije. To je, pre svega, prioritetni zahtev, s obzirom na fundamentalno novo strategijsko okruženje. To je i period kada se definiše novi konceptijski vojni okvir i kada se postavlja zahtev da se realno odrede vlastite mogućnosti.

Primarno pitanje ovakvih promena postaje tehničko-tehnološka modernizacija koja će omogućiti da se kvantitet nadomesti kvalitetom, u kojem će novi kontekst upotrebe omogućiti novi potencijal.

Dinamika događaja podstiče da se i u oblasti kvaliteta stalno mora iznova stvarati, dograđivati i poboljšavati. Upravljanje kvalitetom kao dinamičkim sistemom, u celini posmatrano, predstavlja spregu – pograničnu oblast tri podsistema iskustvenih saznanja, istraženih procesa i teorije upravljanja, koji imaju interaktivan odnos i međusobno prožimanje nizom aktivnosti, što se šematski može pokazati na slici 2.

Savremenoj vojsci potrebna su adekvatna sredstva ratne tehnike, veoma precizna i efikasna, koja su rezultat najnovijih dostignuća nauke i tehnike. Uz sve ostale faktore od značaja za vođenje oružane borbe efikasnost vojske je zavisna od efikasnosti tehnike. Vojna sila poistovećuje se sa silom razorne moći oružja.



Sl. 2 – Šematski prikaz dinamičke analize sistema menadžmenta kvalitetom

Reorganizacija sistema bezbednosti i njegove vojne sile podrazumeva nameru da se izgrade efektivnije i efikasnije snage pripremljene za budućnost. Suočena sa nizom potencijalnih budućih izazova, a istovremeno i mogućim oblicima integracije i izgradnje kolektivnog sistema bezbednosti, na ravnopravnim partnerskim osnovama, sa gledišta odbrambenih tehnologija, vojska u svojoj reorganizaciji treba da stavi težište na sagledavanje opravdanosti učešća u partnerskim savezima i na tehničko-tehnološku opremljenost, kako bi se kvantitet zamenio kvalitetom.

Cilj modernizacije može se dakle, različito tumačiti, ali ovde se misli, pre svega, na reorganizaciju borbene efikasnosti primenom novih organizacionih i tehničkih rešenja na već postojeće tehničke sisteme i razvoj i uvođenje u operativnu upotrebu novih tehničkih sredstava. Nezaobilazan sadržaj ovog procesa je strukturalna postavka, procedure i aplikacija sistema kvaliteta, posmatrana i sagledana u svim fazama životnog veka tehničkih sredstava.

## Kvalitet sa gledišta logističke organizacije vojske

Osnovni zadatak i cilj logistike je stvaranje materijalnih, zdravstvenih i infrastrukturnih pretpostavki za izgradnju i održavanje definisane borbene gotovosti vojske. U realizaciji osnovnog zadatka logistika ostvaruje čvrste veze sa nacionalnom ekonomijom i privrednim resursima društva i državne zajednice, čime se, može se reći, formira koncept logističke organizacije vojske implementiran u koncept nacionalne logistike.

U osnovi delatnosti logistike jeste izučavanje i obezbeđenje optimalne podrške u organizacionim i tehničkim sistemima uz razvoj metoda, modela i alata koji će podržavati optimizaciju. Istraživanje, razvoj i proizvodnja NVO prožeti oblastima od više desetina stručnih i naučnih disciplina, sa visokim nivoom zaštite informacija i nedostupnosti u publikacijama usložava proces izučavanja kvaliteta sa gledišta logističkih potreba.

Kvalitet NVO, sa gledišta logističkih potreba, predstavlja doprinos intelektualnog i stručnog rada velikog broja istraživača. Veoma je važno definisati naučno utemeljenje i osnovne principe logističke organizacije Vojske sa gledišta iskustva logističke podrške u uslovima sistema kolektivne bezbednosti. Potrebno je čvrsto i jasno pronaći vezu i oslonac logističkog pristupa i niza naučnih disciplina višeznačajnog karaktera, koje svojom teorijom i praksom daju uporište logistici i podstiču je, čije naučne principe, metode i aksiome logistika potpuno koristi u tumačenju i verifikaciji tačnosti rezultata istraživanja u odnosu odbrambene tehnologije – kvalitet – logistika.



Ocena valjanosti definisanog modela tehničkog rešenja i menadžmenta kvalitetom, sa gledišta logističke podrške, naglašava primarni uticaj kriterijuma operativnosti i efikasnosti, koji karakterišu predloženu organizaciju.

Težišno je razmatranje tehničke logistike, kao podsistema logistike, koja obezbeđuje podršku tehničkih sistema sa nizom svojih karakteristika. Zbog složenosti problematike istraživanja i razvoja naoružanja, neophodni su najobrazovaniji stručnjaci i vrhunske tehnologije ne samo u oblasti tehničkih nauka, nego i mnogih drugih. Razvoj je karakterističan, pored ostalog, i po tome što su informacije u početnim aktivnostima manje dostupne, dok se, kasnije, najznačajnija dostignuća ostvarena kroz ove tehnologije, tehnološka rešenja i nova saznanja koriste u privredi i predstavljaju motornu snagu njenog daljeg razvoja.

Mora se analizirati međuzavisnost parametara pouzdanosti, pogodnosti za održavanje, raspoloživosti i logističke podrške i najpovoljniji odnos tih parametara u ukupnim troškovima održavanja tehničkog sistema. Težišno pitanje te međuzavisnosti i uzročno-posledične povezanosti je kvalitet. Sa gledišta kvaliteta nužno je razmatrati sveukupnost tehničke logistike, korektivnih akcija, sprečavanje otkaza i definisanje sposobnosti tehničkog sistema da funkcioniše alternativno u uslovima neispravnosti pojedinih komponenata ili brojnih drugih determinističkih ili stohastičkih ograničenja okruženja u kojem se sistem upotrebljava.

Posmatrajući sistem odbrane po podsistemima, posebno sa aspekta logistike, može se uočiti izražena uloga siste-

ma menadžmenta kvalitetom (QMS), odnosno fokusiranje na taj (pod)sistem, s obzirom na njegovu uredenost određenim standardima i, u skladu s tim, definisana pravila koja se odnose na većinu procesa i aktivnosti u sistemu odbrane. Ne upuštajući se u objašnjenje neophodnosti uspostavljanja i opravdanosti velikih očekivanja od QMS, valja istaći da on manje ili više zadire u druge podsisteme sistema odbrane.

Uspostavljanje, funkcionisanje i razvoj QMS podrazumeva niz pravovremenih i kvalitetnih informacija. Istovremeno, sistem menadžmenta kvalitetom mora imati izgrađene mehanizme definisanja sopstvenih pravila, kao i nadzora nad primenom tih pravila, što podrazumeva postojanje odgovarajućeg informacionog sistema.

### **Povezivanje logistike i QMS**

Sistem menadžmenta kvalitetom, sa gledišta logistike, ima pretenzije da, odgovarajućim dokumentima i pravilima, uredi određene logističke procese u sistemu odbrane. Iako je, pri tome, težište na kvalitetu (odabranih – logističkih) procesa i njihovih proizvoda, opravdano je da se tim uređenjem obuhvate i procesi – zahtevi u pogledu obezbeđenja potrebnih tehnoloških unapređenja QMS u celom sistemu odbrane.

Procesi logističke podrške imaju za cilj stvaranje proizvoda kojima se zadovoljavaju kroz kvalitet definisani zahtevi odbrane. Pri tome, da bi se obezbedilo zadovoljavajuće upravljanje procesima logistike, nužno je da se poštuju pravila definisana sistemom kvaliteta. Zahtevi u

pogledu standardizovanog uređenja procesa logistike, kao i kvaliteta proizvoda, nameću prirodnu spregu logistike i QMS.

Logistički koncept organizacije Vojske, po pitanju kvaliteta NVO, dao je novu meru i novi izazov. Potrebno je tragati za odgovorom kako posmatrati i definisati kvalitet ratne tehnike u uslovima kada proizvodnja naoružanja i vojne opreme nije više privilegija samo jednog dela privrednih subjekata, do sada namenske industrije, već državne zajednice u najširem smislu. Kako postaviti algoritam procesnog pristupa definisanja zahteva, procedura, sistema kontrole kvaliteta, kontrolnih subjekata, zakonskih obaveza i mesta i uloge buduće agencije za kvalitet u uslovima dominantnog uticaja nacionalne nad vojnom logistikom i na putu tranzicija i predstojećih bezbednosnih integracija.

Sve to nameće obavezu da kontrola kvaliteta tehničkih sredstava bezbednosnog sektora traži nove forme organizacije, nove oblike delovanja, efikasne i ekonomskim kategorijama opravdane kriterijume ocene i procedure verifikacije kvaliteta.

### **Zaključak**

Osnovni cilj ovog rada je da ukaže na neophodnost uspostavljanja čvrste veze između sistema menadžmenta kvalitetom i procesa tehnološkog lanca razvoja i proizvodnje NVO sa gledišta logističkih potreba. Bez te veze, odnosno njenog željenog funkcionisanja, QMS ima male šanse na uspeh.

Tekuće i predstojeće reforme u sistemu bezbednosti i nova uloga i zadaci vojske u integrativnim procesima, pitanju

kvaliteta u logističkoj podršci u celini, a proizvodnji naoružanja i vojne opreme posebno, nametnuli su potrebu nove arhitekture sistema kvaliteta i njegove aplikacije u svim aktivnostima, procesima i postupcima.

Sistem menadžmenta kvalitetom više-kriterijumski se analizira i optimizira. Standardizovane forme, algoritamski definisane procedure i numeričke ocene valjanosti, formulisani metodama matematičke statistike, osnovni su činiooci organizacije nove arhitekture ovog sistema.

Sistem menadžmenta kvalitetom u naoružanju i vojnoj opremi razvijenih zemalja i velikih armija nam je poznat. Suštinsko pitanje je kako izvršiti implementaciju takvog sistema sa ograničenim kadrovskim, tehnološkim i finansijskim mogućnostima.

Provera i ocena ovog sistema dobija novu meru, mesto i ulogu i predstavlja polaznu i završnu aktivnost u algoritmu izvršavanja složenih zadataka organizacije logistike, logističkih funkcija i zadataka u podršci vojske. Kvalitet i njegova primena u konceptu logističke podrške vojske dali su veći značaj, novo mesto i ulogu materijalno-tehničkom faktoru rata u analizi strategijskih pitanja sistema bezbednosti.

#### *Literatura:*

- [1] Fokusirana logistika (prevod smernica fokusirane logistike) OPU SP GŠ VJ, 1998.
- [2] Koptjuv, V. A.; Matrosov, V. M.; Levasov, V. K.: Novaja paradigma razvitija Rossii, Rasijskaja akademija nauk, Moskva 1.
- [3] Tomanović, R.; Nikolić, M.: Komparativna analiza pozadinskog obezbeđenja Vojske Jugoslavije i logističke podrške stranih oružanih snaga, studija, SP GŠ VJ, 1998.
- [4] Milinović, M.; Đedović, B.: Vojnoindustrijska i civilna saradnja u naučnoj i tehnološkoj i obrazovnoj oblasti kao faktor izbora savremene koncepcije globalne i lokalne odbrane, SIMVON 2001.

- [5] Hedrih-Stevanović, K.; Đedović, B.: Modeliranje strateškog naružavanja u višepolarnom svetu, Vojno delo, No 4-5, 2000.
- [6] Milinović, M.; Đedović, B.: Uticaj savremenog tehnološkog razvoja NVO na vojne strategije i ukupne integrativne procese manjih zemalja i armija, SIMVON 2001.
- [7] Milinović, M.; Đedović, B.: Jedan pogled na pravce razvoja tehničko-tehnološkog faktora i njegovih naučno-proizvodnih implikacija u duhu reorganizovanih potreba zemlje, SIMOPIS 2001.
- [8] Milinović, M.; Đedović B.: Činioci tehničko-tehnološkog razvoja u funkciji stabilnog razvoja zemlje, Vojno delo, No 6, 2001.
- [9] Đedović, B.; Hedrih – Stevanović, K.; Milinović, M.: Mogućnosti primene matematičkih modela i metoda istraživanja u funkciji naučne izgrađenosti vojne strategije, SIMVON 2001.
- [10] CR Ministry of Defense, Logistic support, Beograd, July 8, 2003, The briefing,
- [11] Ministarstvo odbrane Madarske, Logistička podrška, 2003, prevod,
- [12] Vasilev, S. N.; Žerlov, A. K.; Fedosov, E. A.; Fedunov, B. E.: Intelektnoe upravljenie dinamičeskimi sistemami, Moskva, Fizmatlit, 2000.

**Dr Jugoslav Radulović,**  
pukovnik, dipl. inž.  
Ministarstvo odbrane SCG,  
Vojna kontrola kvaliteta NVO,  
Beograd

## **MENADŽMENT KVALITETOM TOKOM ŽIVOTNOG CIKLUSA ODBRAMBENIH SISTEMA\***

UDC: 623.483 :: 623.1/9 : 65.012.34

### *Rezime:*

*Nacionalne zajednice deo dohotka usmeravaju za odbranu i teže da se ta sredstva koriste optimalno. Odbrambene sposobnosti vojske u velikoj meri zavise od kvaliteta odbrambenih sistema za čije se stvaranje vrši objedinjavanje hardvera, softvera, opreme i ljudstva u procesima. Kvalitet sistema može se dostići kroz integrisani sistemski pristup u toku životnog ciklusa. Primenom menadžmenta kvalitetom kroz životni ciklus odbrambenih sistema, prepoznaje se potreba za čestim višestrukim interakcijama brojnih učesnika i njihova međuzavisnost, što uključuje i industriju koja podržava razvoj, isporuku i održavanje vojne sposobnosti, od koncepta do prodaje. Koncept treba da potpomogne ostvarivanje globalnog cilja, a to je stvaranje proizvoda koji ispunjavaju zahteve vidljive iz perspektive životnog ciklusa, koji optimiziraju unutrašnje i spoljašnje međuveze učesnika i razvijaju dobre partnerske odnose sa industrijom. U radu se ukazuje na neke važne aspekte tog koncepta.*

*Ključne reči: kvalitet, menadžment, odbrambeni sistemi, životni ciklus.*

---

## **QUALITY MANAGEMENT THROUGH LIFE CYCLES OF DEFENCE SYSTEMS**

### *Summary:*

*A part of gross national income intended for defence purposes should be used in an optimum way. Army defence capability depends, to a great extent, on the quality of defence systems uniting hardware, software, equipment and personnel into processes. System quality can be raised using the integrated system approach through life cycles. Quality management application through life cycles of defence systems identifies the need for multiple interactions among numerous participants as well as their interdependence, including industry which supports development, delivery and maintenance of defence capability from a concept to sale. The concept should facilitate the achievement of an overall aim, i.e. creation of products meeting requirements viewed from life cycle perspective, optimizing internal and external relations of participants and developing good partnership with industry. The paper emphasizes some important aspects of the concept in question.*

*Key words: quality, management, defence systems, life cycle.*

---

### **Uvod**

Aktivnosti vojnih snaga rezultat su procesa političkih odluka, koje pobuđuju potrebu za angažovanjem odgovarajućih resursa nacionalne zajednice. Bri-

ga za optimalno trošenje resursa, uključuje i obezbeđuje kvaliteta kao načina za smanjenje troškova sistema odbrane. Odbrambena sposobnost zavisi i od kvaliteta odbrambenih sistema u kojima su objedinjeni hardver, softver, oprema, ljudi. Kvalitet se na racionalan način dostiže kroz integrisani sistemski

---

\* Rad je saopšten na Nacionalnoj konvenciji o kvalitetu 2004. održanoj od 20. do 24. juna u Beogradu.

pristup tokom životnog ciklusa odbrambenog sistema – proizvoda. Određenja prema kvalitetu od velikog su značaja za procese većeg broja učesnika, što uključuje i industriju koja radi za potrebe odbrane, podržava razvoj, proizvodnju, isporuku i održavanje. Globalni cilj tog procesa je obezbeđenje proizvoda koji ispunjava zahteve iz perspektive životnog ciklusa, uz optimizaciju unutrašnjih i spoljašnjih veza i razvijanje korektnih komercijalnih odnosa sa industrijom koja podržava sistem odbrane.

Mnogo je faktora koji utiču na to da se u ovoj oblasti radi u skladu sa pozitivnim svetskim iskustvima, uvažavajući nacionalne, ekonomske i društvene potrebe, kao i potrebu za međunarodnom razmenom, većim nivoom standardizacije naoružanja i probleme koji mogu nastati pri radu logističkih službi. Pobrajani faktori stimulans su za primenu i razvoj koncepta sistema obezbeđenja kvaliteta (QA), odnosno menadžmenta kvalitetom (QM) u oblasti odbrane. Primena pomenutih koncepta kvaliteta treba da uravnoteži međusobne odnose interesnih strana i obezbedi potreban nivo međusobnog poverenja.

### **Integracija politike kvaliteta kroz sistemski pristup tokom životnog ciklusa**

Politikom kvaliteta treba obezbediti podlogu za integrisani sistemski pristup obezbeđenju kvaliteta odbrambenih sistema – proizvoda i usluga, kroz celi životni ciklus. Ovaj pristup zasniva se na jasno uspostavljenoj strukturi procesa, koji sa-

činjavaju, kako upravljački, tako i tehnički elementi zasnovani na:

- sprovođenju, upravljanju i vođenju procesa po utvrđenom redosledu u organizaciji, radi uspešnosti u funkciji ostvarenja postavljenih ciljeva;

- potpuno integrisanom jedinstvenom sistemu (hardver, softver u međusobnom dejstvu sa ljudskim i ostalim elementima ugrađenim u sistem saglasno sa delatnošću);

- uvažavanju interesa svih faktora u životnom ciklusu, uključujući i prirodnu sredinu;

- korištenju jedinstvenih postupaka i terminologije svih učesnika u životnom ciklusu pri stvaranju proizvoda i upravljanju sistemom;

- kontinuiranoj primeni procesa menadžmenta kvalitetom i aktivnosti koje su za to vezane, na proizvod i sve procese u njegovom životnom ciklusu.

Izazov za učesnike u generisanju odbrambenih sistema je usmeravanje težišta na procese planiranja, kontrolisanja, obezbeđenja i poboljšavanja kvaliteta, pre i tokom svih procesa i aktivnosti u životnom ciklusu. Cilj je ostvarivanje potrebnog kvaliteta proizvoda, usmerenog ka uspešnom korišćenju, stvorenog u procesima definisane sposobnosti uz sprečavanje neusaglašenosti. To treba da doprinese smanjenju rizika i troškova, uz usredsređenje na potrebe kupca. Odbrambena industrija treba to da ostvari u skladu sa promenama u poslovanju i industrijskim procesima, gde su evidentne stalne potrebe za dokazivanjem poboljšavanja, kako u pogledu veština, tako i u posedovanju ličnog znanja, saglasno potrebama.

Sposobnost izvođenja podrazumeva posedovanje znanja o procesima upravljanja kvalitetom i industrijskom praksom, kao i stručno-specijalistička znanja vezana za proizvod.

Životni ciklus proizvoda deli se u okviru jasno definisanih faza koje obezbeđuju uslove za projekat, koji se kreće u dijapazonu od utvrđivanja potreba do korišćenja proizvoda. Kraj svake faze je donošenje odluke i prekretnica je u projektu. Projekat se može realizovati paralelno u više faza.

U svakoj fazi životnog ciklusa postoje procesi implementirani kroz organizacije, koji su dokumentacijski podržani, uz dokazanu sposobnost i ekonomičnost procesa. Za uređenje sistema i za uspostavljanje prikladne procesne strukture, ciljeva i poslovne strategije organizacije, mogu se koristiti međunarodni standardi.

Koncept menadžmenta kvalitetom i procesni pristup mogu biti primenjeni na sve procese u toku životnog ciklusa, sa težištem na izvršne. Ovim procesima pridružuju se i: planiranje, provera, pregledi, merenja i monitoring, verifikacija, validacija, korektivne i preventivne mere i druge aktivnosti.

Na osnovu ugovornih zahteva, uključujući ugovoreni standard za sistem obezbeđenja kvaliteta, aktivnosti menadžmenta u oblasti kvaliteta primenjuju se na sve procese.

### **Učesnici i njihova odgovornost u životnom ciklusu**

Kod generisanja odbrambenih sistema, odgovornost za kvalitet ne može se ekskluzivno dodeliti samo jednom učesniku.

Raspodela odgovornosti vrši se na učesnike direktno uključene u procese iz faza životnog ciklusa. Učesnici se mogu izraziti kroz sledeće opšte termine: korisnik, stvaralac, vlasnik, isporučilac i osoblje odgovorno za upravljanje obezbeđenjem kvaliteta.

#### *Korisnik*

Korisnik prvenstveno treba da definiše svoje potrebe sa najvećom mogućom tačnošću, jasno i potpuno, kao i zahteve za spremnost-gotovost, podršku, trening-obuku, razvoj, misiju uspeha i troškove tokom životnog ciklusa.

#### *Stvaralac*

Stvaralac treba da obezbedi:

\* ispunjenje zahteva koji se odnose i na:

– prevođenje korisničkih potreba u odgovarajuće funkcionalne i tehničke zahteve;

– analizu i shvatanje interesa svih ostalih zainteresovanih – učesnika u životnom ciklusu;

– razmatranje i ispunjenje svih primenljivih nacionalnih i međunarodnih uredbi-propisa-pravila, uključujući i pravila zaštite životne sredine;

– prikaz rezultata zahteva kroz projektnu dokumentaciju;

\* pri ugovaranju – neophodne mehanizme za nadzor, odnosno:

– dozvoli dovoljnu slobodu i podsticaj isporučiocima, npr. za korišćenje standardnih komercijalnih proizvoda;

– obezbedi kupcu ili njegovom predstavniku potpun uvid u aktivnosti is-

poručioaca, po redosledu, za ostvarenje poverenja u mogućnost dostizanja rezultata;

– upravljanje zahtevima vezanim za kvalitet;

\* saglasnost sa ugovorenim zahtevima, što uključuje troškove i planove;

\* upravljanje izradom uz poštovanje komercijalnih navika;

\* postojanje strategije za koordinaciju i implementaciju aktivnosti upravljanja kvalitetom;

\* da se aktivnosti upravljanja kvalitetom konstantno primenjuju kroz životni ciklus proizvoda;

\* prikupljanje podataka potrebnih za ocenu i unapređenje kvaliteta. Povratne informacije od korisnika korisne su za formiranje baze o kvalitetu odbrambenih sistema, koja može biti korišćena u naučne svrhe, pri modifikaciji ili kod narednih projekata;

\* utvrđivanje rizika vezanog za proizvod, povezanog sa kooperativnošću ostalih učesnika u timu za upravljanje projektom;

\* mere za konačno ugovorno prihvatanje proizvoda.

#### *Vlasnik*

Moguće uloge vlasnika u životnom ciklusu su: uloga stvaraoca, kupca ili isporučioaca i/ili korisnika. Vlasnikom se smatra zainteresovana strana.

#### *Isporučilac – dobavljač*

Odgovornost isporučilaca – dobavljača u potpunosti se definiše kroz ugovor. Bilo koji deo ugovora može da bude

podugovoren, što uključuje odgovornost za sledeće:

– osiguranje da se sa bilo kojom ne-usaglašenošću u vezi s ugovorenim zahtevima mora upoznati predstavnik kupca ili kupac;

– planiranje svih potrebnih procesa neophodnih za odgovarajuće faze životnog ciklusa;

– kontrolu kvaliteta proizvoda i usluga;

– obezbeđenje da samo proizvodi i usluge koji zadovoljavaju ugovorene zahteve budu ponudeni za prihvatanje predstavniku kupca – kupcu;

– obezbeđenje da kupac stekne sigurnost i poverenje u to da će se preuzimanjem potrebnih mera savladati bilo koji rizici, preduzimati preventivne i korektivne mere a proizvodi i usluge odgovarati ugovornim zahtevima.

#### *Osoblje odgovorno za upravljanje obezbeđenjem kvaliteta*

Pored nacionalnih sistema za menadžment u oblasti kvaliteta radi povećanja nivoa poverenja u kvalitet proizvoda i usluga obično se vrši pridruživanje većeg broja zahteva nacionalnim sistemima. Pridruženi zahtevi mogu uključiti procenu sposobnosti potencijalnih isporučilaca – dobavljača; njihov sistem menadžmenta kvalitetom i održavanje ostalih ugovornih srodnih aktivnosti na prihvatljivom nivou. Najvažniji aspekt pri upravljanju obezbeđenjem kvaliteta za sistem odbrane je ispunjenje obećanja koje sve ugovorne strane treba da isporučuju, a naročito isporučioaci – dobavljači. U određenim projektima osnovna uloga

osoblja, (Vojna kontrola kvaliteta – VKK NVO), podržana je zahtevima stvaraoca i kupca. Podrška treba da obezbedi:

- da odredbe ugovora u vezi sa kvalitetom budu formulisane na izvodljiv način;
- učešće dobavljača u svakom predocenjivanju sistema menadžmenta kvalitetom;
- da aktivnosti menadžmenta kvalitetom budu prihvaćene u procesima isporučioca – dobavljača i bilo kog podisporučioaca.

Podaci o stanju kvaliteta mogu biti korišćeni za stvaranje baze podataka o zadovoljstvu korisnika, koja može biti iskorišćena za donošenje odluka o stepenu uticaja organizacije koja se bavi obezbeđenjem kvaliteta za sistem odbrane (porast ili smanjenje uticaja na isporučioce – dobavljače ili na buduće projekte) na isporučioce. Organizacija koja se bavi upravljanjem obezbeđenja kvaliteta za sistem odbrane, VKK NVO, svoj rad zasniva na kooperaciji sa ostalim učesnicima u životnom ciklusu. Odredbe koje se odnose na kvalitet sadrže i odgovarajuće odredbe iz standarda za sistem obezbeđenja kvaliteta (standard SNO 9000 i pravilnici).

Kada se radi o projektu tim za upravljanje projektom (PMT) jeste u poziciji da utvrđuje potrebu i stepen uključenja VKK NVO kod isporučioaca – dobavljača. Ova odluka treba da se donese na bazi procene rizika, za svaki ugovor, zavisno od kategorije i zahteva za proizvod, ostvarenog nivoa poverenja u dobavljače i njihov sistem menadžmenta kvalitetom. Za obezbeđenje efikasne upotrebe resursa sistem obezbeđenja kvaliteta pri snabdevanju zahteva se kada postoje rizici, npr. vezani za proizvod dobavljača. VKK NVO, kao organizacija za upravljanje

obezbeđenjem kvaliteta, može proceniti koji od sistema obezbeđenja kvaliteta treba primeniti na bazi informacija koje predlaže stvaralac. Ukoliko je potrebno može se odrediti minimum zahteva za obezbeđenjem kvaliteta koje isporučilac mora da ispuni. To se za sada obezbeđuje primenom mehanizama isključivanja dela zahteva ili zahteva iz SNO 9000. U budućnosti ovom problemu treba posvetiti više pažnje.

### **Komunikacije i informacije**

Razmena informacija između zainteresovanih strana je od izuzetne važnosti. Ona mora biti stalna i prema redosledu važnosti zastupljena u svim fazama životnog ciklusa. Realizacija komunikacija i informacija važna je i po redosledu zbivanja u svim fazama životnog ciklusa, uključujući i poslednju. Pored redosleda, pravovremena razmena informacija važna je i pri grananju i sa posledicama na sledeće aktivnosti u nizu, na planirane parametre, itd.

Zahtevi proistekli iz informacija moraju biti dokumentovani, i moraju da obezbede:

- da se proizvodi i usluge, za sistem odbrane, razvijaju, proizvode i obezbeđuju, saglasno ugovornim zahtevima, na najpovoljniji način uključujući i troškove;
- izbalansiranost pri korišćenju u odnosu na neželjene efekte za vreme životnog ciklusa, npr. na društvo, čoveka i prirodu;
- da se za sledećeg u nizu definišu preduslovi za realizaciju sledeće aktivnosti, kroz životni ciklus, kako bi isti mogao da uradi svoj posao.



Svaki od učesnika mora razviti efikasnu vezu i dijalog sa ostalim učesnicima u nizu, po redosledu učešća, radi obezbeđenja važnih i tačnih informacija.

Najbolji način da se informacije upotrebe, zaštite interesi zainteresovanih strana i poveća vrednost efikasnosti interfejsova i dijaloga, jeste da se uspostave integrisani timovi.

### **Timovi za upravljanje projektom**

S obzirom na važnost, što je moguće ranije treba imenovati timove za upravljanje projektom (PMT-ovi) tokom životnog ciklusa. To mora biti urađeno kako bi se obezbedilo efikasno i delotvorno povezivanje u integrisani sistemski pristup kvalitetu i poboljšavanju razumevanja svrhe i ciljeva projekta i njegovog približavanja.

Projekat se može definisati za sve faze ili samo za neke faze životnog ciklusa proizvoda. Dejstvo timova se funkcionalno uvrštava, a članovi tima treba da imaju dopunske veštine i da napore usmeravaju ka ispunjenju opštih ciljeva. PMT-ovi treba da imaju provereni autoritet, sposobnost za razmenu znanja iz domena struke, da vode računa o troškovima i rizicima i njihovoj usklađenosti sa težištem na kvalitetu. PMT-ovi treba nedvosmisleno da definišu uvođenje projekta i da stalno ažuriraju napredak na projektu, što podrazumeva timski rad. PMT-ovi obezbeđuju sledeće:

- da sve zainteresovane strane budu kooperativne i da se na njihovo učešće računa;
- planiranje kroz životni ciklus koje treba da bude dokumentovano;

- da se za projekat izradi Plan kvaliteta, u odnosu na postavljene strateške ciljeve koji se moraju učiniti merljivim;

- stalno razumevanje svrhe i prikazivanje ciljeva projekta i njihovo približavanje;

- upotrebu uobičajene terminologije, uključujući prihvaćene definicije za faze životnog ciklusa;

- sakupljanje podataka, procenu i iniciranje potrebnih akcija. Povratne informacije od korisnika mogu biti upotrebljene za kreiranje baze podataka i znanja, a za buduće modifikacije na proizvodu mogu biti identifikovani i uticaji na buduće projekte;

- saglasnost funkcionalnih i ostalih zahteva sa ugovorenim.

### **Sistem menadžmenta kvalitetom i poboljšavanja**

Radi postizanja najviše efektivnosti organizacije, učesnici životnog ciklusa treba da uspostave, dokumentuju, implementiraju i dokažu postojanje efikasnog i ekonomičnog sistema menadžmenta kvalitetom (QMS).

Za ostvarenje QMS organizacija treba da:

- identifikuje procese potrebne za QMS;
- odredi redosled i uzajamno dejstvo procesa;
- odredi kriterijume i metode zahtevane za obezbeđenje efikasnih operacija i kontrolisanje procesa;
- obezbedi raspolaganje informacijama potrebnih za podržavanje operacija i kontrolu procesa;

– izvrši merenje, kontrolu i analizu procesa, i učešće u neophodnim akcijama kako bi se postigli planirani rezultati i kontinuirano poboljšavanje.

QMS je deo integrisanog organizacijskog sistema kojim se uspostavljaju politika i ciljevi kvaliteta, koji se fokusiraju na postizanje rezultata u projekciji ciljeva kvaliteta. Ciljevi kvaliteta se dopunjuju drugim ciljevima koji mogu da vode rastu finansiranja, rentabilnosti, lične sigurnosti i razvijanju efekata procesa, proizvoda i usluga. Različiti delovi jednog sistema upravljanja mogu da se fokusiraju na dostignuće ostalih sistema (npr. sistem ekološke zaštite), mogu biti integrisani u jedan povezan i jedinstven sistem menadžmenta korišćenjem zajedničkih elemenata. Ova politika može da obezbedi i predvidi najpovoljniji način upravljanja resursima tokom životnog ciklusa procesa, zasnovanom na podeli među učesnicima organizacije. Ovaj pristup teži ka dugotrajnim uspesima usredsređujući pažnju na stalno poboljšavanje, zadovoljstvo kupca i korist svih zainteresovanih strana.

Radi obezbeđenja opstanka u okruženju, gde je poslovanje suočeno sa rastućim takmičarskim trendom i svakodnevnim izazovima, organizacije su pronašle novi način za proširenje oštih takmičarskih repera, svesni da su daleko od „odličnih osobina“ kako se to danas najčešće saopštava. Upotreba međunarodno prepoznatljivog „modela životnog ciklusa procesa“, „nivo sposobnosti i zrelosti“ i korišćenje „procenjivanja tipa(ova)“ zavisno od potreba, smatra se trendom. Procenjivanjem i treba obezbediti uvid u organizaciju i

ukazati na područja gde se zahteva korekcija i potreba predstojećih poboljšavanja. Provere od prve, druge i treće strane pružaju informacije za poboljšavanje.

Uspostavljanjem povratne veze nakon provera može da se ostvari poboljšavanje učinka.

### **Zaključak**

Međunarodni i nacionalni standardi primenjuju se gde god je to pogodno. Za sistem odbrane zahtevi za sistemom obezbeđenja kvaliteta definisani su kroz SNO 9000 (dokument srodan međunarodnim standardima) i nizom drugih standarda, pravilnika i uputstava. Ukoliko su standardi iz serije ISO 9000 korišćeni u ugovorima, VKK NVO procenjuje potrebu za dodatnim ugovornim zahtevima kvaliteta, koji su ugrađeni u SNO i druga dokumenta.

Odkada odbrambena sredstva – borbena oprema i druga tehnička sredstva mogu da se kupuju, ili razvijaju kao međunarodni projekti, u svetu, na nivou saveza ili nacionalnim nivoima, postoje dokumenta koja razmatraju ovu oblast. Na primer, na nivou NATO postoji osnovni dokument STANAG 4107 i set dokumenata – publikacija o obezbeđenju kvaliteta, koje održavaju i koriste zemlje članice saveza.

Dokumentima se obrađuje problematika iz domena obezbeđenja kvaliteta kroz čitav životni ciklus odbrambenih sistema.

Postoje dva tipa publikacija AQAP (Allied Quality Assurance Publications):

ugovorni tip i savetodavni tip. Ugovorni tip AQAP zahteva da dobavljač obezbedi objektivnu evidenciju koja obezbeđuje ispunjenje ugovornih odredbi sistema obezbeđenja kvaliteta. Sistem treba da sadrži neophodne elemente i pruži poverenje da će proizvođači zadovoljiti ugovorne zahteve.

Korišćenje ugovornog tipa AQAP podržano je od savetodavnog tipa AQAP koji se koristi po vlastitom izboru.

*Literatura:*

- [1] QAP 2000 Policy on an Integrated Systems Approach to Quality through the Life Cycle.
- [2] QAP 2009 The NATO requirements for an Integrated Systems Approach to Quality through the Life Cycle.
- [3] QAP 2110 NATO Quality Assurance Requirements for Design, Development and Production.
- [4] QAP-160 NATO Integrated Quality Requirements for Software Throughout the Life Cycle.
- [5] QAP-169 NATO Guidance on the Use of AQAP-160.
- [6] QAP 2050 NPAM – NATO Project Assessment Methodology.
- [7] QAP 2070 NATO Mutual Government Quality Assurance (GQA) Process.
- [8] NO 9000 – Zahtevi za sistem obezbeđenja kvaliteta isporučilaca NVO I dr. Dokumenta.
- [9] Radulović, J.: NATO sistem obezbeđenja kvaliteta iz ugla AQAP-a, III Naučno-stručni skup, Tara 2003.

Profesor dr Jovan Todorović,  
dipl. inž.  
Mašinski fakultet,  
Beograd

## VODONIK – ENERGENENT BUDUĆNOSTI

UDC: 546.11 : 620.92

### Rezime:

*Potrebe za energijom su sve veće, a tradicionalni izvori, pre svega fosilna goriva, sve siromašniji. Otuda je neophodno da se i sektor energije radikalno izmeni. Potrebni su novi izvori energije i novi energenti. Rešenje ovih ozbiljnih problema je u vodoniku, kao najboljem i praktično neiscrpnom izvoru energije. Sasvim je izvesno da je vodonik osnova nove „energetske ere“, tzv. „ere vodonika“. Da bi se to ostvarilo nužno je da se reše sistemi proizvodnje, distribucije i snabdevanja vodonikom, odnosno nova infrastruktura, koja će po svim svojstvima biti konkurentna današnjim sistemima.*

*Ključne reči: nova energetska era, vodonik, proizvodnja, distribucija i snabdevanje, infrastruktura.*

---

## HYDROGEN – AN ENERGY SOURCE FOR THE FUTURE

### Summary:

*The energy sector has to be changed radically. New energy sources and new fuels are necessary. The solution of these serious problems is found in hydrogen, which is the best and widely available fuel. Undoubtedly hydrogen is a basis for a new „energy age“, so-called „hydrogen age“. To achieve that, it is necessary to develop systems for hydrogen production, distribution and supply, i.e. a new infrastructure competitive with the existing one, has to be build.*

*Key words: new energy age, hydrogen, production, distribution and supply, infrastructure.*

---

### Uvod

Tehnološki i ukupni razvoj društva nerazdvojno je povezan sa dva važna procesa: promenama u komunikacijama i mobilnosti i promenama u izvorima energije. Ova dva procesa se ne moraju odigravati istovremeno, ali jedan uslovljava, odnosno omogućava drugi [1].

Razvoj komunikacija i mobilnosti izvanredno je napredovao, tako da se današnji nivo čak ni grubo ne može porediti sa onim od pre samo desetak godina. Međutim, u procesima promene energije, situacija je sasvim drugačija. Izvori ener-

gije danas su skoro isti kao i pre mnogo godina (ne računajući, još uvek veoma spornu, nuklearnu energiju). Naime, energija se i danas pretežno dobija iz fosilnih goriva i znatno manje iz hidroelektrana i drugih obnovljivih izvora. Uprkos tome, potrošnja energije stalno se povećava. Objektivne prognoze pokazuju da će se u narednim godinama, uporedo sa daljim razvojem tehnologija i ukupnih potreba društva, nastaviti stalni porast transporta roba i ljudi i odvijanja drugih aktivnosti [2]. To će zahtevati i sve više energije, odnosno sve veću potrošnju energenata. Iako se predviđa da će u na-

rednim godinama, i pored sve većeg obima proizvodnje potrošnja energije u proizvodnim sistemima uglavnom stagnirati, zbog sve većih zahteva široke potrošnje i posebno zbog sve većih zahteva za prevozom roba i ljudi, tražnja za energijom će se prvih godina ovog veka stalno povećavati za oko 1,5 do 2% godišnje. To znači da će se do 2050. godine potrebe za energijom više nego udvostručiti. Od toga će se na transport trošiti oko 50% ukupne energije, odnosno osetno više nego u ukupnom sektoru industrije (ostatak u sektoru domaćinstva). To se i danas već približno dostiglo u nekim zemljama (Danska, Grčka, SAD, Španija). Veoma je važno da se ima u vidu da se energenti u sektoru transporta skoro u potpunosti dobijaju iz nafte [3, 4, 5, 6].

Sve veća potrošnja čini da su raspoložive rezerve fosilnih goriva, a posebno nafte kao osnovnog izvora energije za sektor transporta, sve manje. Prognoze o tome koliko će one još potrajati veoma se razlikuju. Neke govore da će nafte biti još najmanje 100, a gasa 200 godina, ali se i tvrdi da će nafte biti samo za 30 do 40, a prirodnog gasa za 15 do 60 godina. Neke prognoze govore da će već pre 2040. godine biti iskorišćeno pola svet-skih rezervi nafte, a neke da će to biti već 2010. godine. Procenjuje se da će se kritična tačka dostići onda kada se od svakih pet barela proizvedene nafte dnevno bude trošilo tri [1]. Dakle, do polovine ovog veka ukupne potrebe za energijom sa današnjim energetske izvorima uglavnom bi bile zadovoljene, ali svakako ne i posle 2050. godine, kada bi samo sa današnjim gorivima nastupila ozbiljna energetska kriza.

Druga veoma važna karakteristika današnje energetske situacije, odnosno proizvodnje i korišćenja energije iz fosilnih goriva, vezana je za ekološke probleme, odnosno zagađenje okoline koje izaziva sagorevanje fosilnih goriva. Kada je reč o saobraćaju i transportu, odnosno svim vrstama vozila sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem, može da se tvrdi da su velika tehnološka unapređenja, a pre svega znatno bolji sistemi sagorevanja, skoro rešila problem emitovanja najvećeg broja zagađivača (ugljovodonika, teških metala i dr.). Međutim, ostao je problem emitovanja ugljendioksida koji znatno doprinosi stvaranju efekata „staklene bašte“, odnosno smanjivanju ozonskog sloja, što je danas jedna od snažnih preokupacija celokupne društvene zajednice. Emitovanje CO<sub>2</sub> neizbežan je pratilac svih procesa sagorevanja fosilnih goriva, čija toplotna moć i potiče od sagorevanja ugljenika, pa ovaj problem uopšte ne može da se reši energentima na bazi fosilnih goriva.

Za razliku od takvog stanja na području energije razvoj u sektoru komunikacija i mobilnosti je intenzivan i sveobuhvatan. Nove digitalne i web komunikacije opslužuju sve sektore privrede i života ljudi, omogućavaju nove prodore u svim oblastima i nov kvalitet života. Ako je tačna hipoteza da postoji međupovezanost procesa komunikacije i energije, logično je da ovi visoki dometi u razvoju komunikacija i mobilnosti moraju da se odraze i na sektor energije. Ima puno osnova da se tvrdi da će ostvarena „era komunikacija“ omogućiti i novu „energetsku eru“. Potreba za tim je više nego očigledna.

## Nova energetska era

Nova „energetska era“ treba, pre svega, da obezbedi nove, svima dostupne izvore energije, a s tim u vezi i nove sisteme distribucije i korišćenja novih energetske oblika. Intenzivno se traga za novim obnovljivim izvorima primarne energije i alternativnim gorivima, koja bi se umesto nafte i njenih derivata koristila, pre svega, u motornim vozilima. U opticaju su svi potencijalno mogući oblici primarne energije. Radi se na iskorišćenju energije Sunca (solarne energije), vetra, plime i oseke, kao i termalnih voda. Kada je reč o alternativnim gorivima, istraživanja su usmerena na prirodni gas, bio-mase i sagorevanje otpadnih materija. Sa stanovišta ekologije, većina ovih alternativnih goriva ne rešava problem smanjivanja ozonskog sloja, mada su, po pravilu, ekološki povoljnija od benzina i dizel goriva [7, 14, 15, 16, 17, 18].

U ovim istraživanjima posebna pažnja poklanja se vodoniku. Realna je procena da će u budućnosti energetska osnova biti vodonik. Kada će vodonik postati osnovni energent zavisi od toga koliko je društvo u stanju da se brzo i energično odrekne nafte i drugih fosilnih goriva, odnosno koliko je sposobno da prihvati vodonik kao osnovni energent i osnovni izvor energije. Ukoliko se to odlaže, čovečanstvo će biti potpuno nepripremljeno da blagovremeno izvrši tranzicije u energetici onda kada odnos proizvodnje i potrošnje nafte dostigne svoje kritične granice.

Zato je, u okviru Ekonomske komisije OUN za Evropu (ECE), nedavno usvojen dokument „Integralni evropski projekat vodonika“ (poznat kao EIHP), koji treba, pored ostalog, da bude i osnova za

razvoj odgovarajućih standarda, odnosno međunarodnih direktiva. Uporedo, u Nemačkoj je instituisan „Konzorcijum za strateško rešavanje svih pitanja energetike i alternativnih goriva za sektor transporta“, u koji su, pored države, uključene i sve velike kompanije iz područja industrije vozila, energetike i naftne industrije (na primer, BMW, Dajmler Krajzler, VW, Opel i MAN, a zatim Aral, Shell, BP, RWE i drugi). Uz veliku podršku vlade Nemačke ovaj konzorcijum je izradio „Energetsku strategiju za sektor transporta“, kojom se utvrđuje politika i sistem razvoja nacionalne energetike na bazi novih izvora i oblika energije. U ovom dokumentu decidirano se govori da je vodonik osnovno gorivo za budući „održivi“ razvoj čovečanstva, ne samo za motorna vozila i sektor transporta, već i za druge potrošače. Otuda protagonisti vodonika govore da se tako obezbeđuje „energija za sve“ i „energija za uvek“ [1].

Slične programske inicijative zapažene su i u SAD i Japanu, na nivou vlada i velikih kompanija. Ostvarena je i saradnja Evropske unije i SAD radi razvoja standarda za gorivne ćelije i „ekonomiju vodonika“ i od toga se mnogo očekuje. General Motors, jedan od najvećih i ekonomski najjačih proizvođača vozila, ocenjuje da će u budućnosti ukupna svetska ekonomija biti zasnovana na vodoniku [13, 19]. BMW procenjuje da se sa vodonikom teorijski mogu zadovoljiti sve potrebe saobraćaja u Evropi, nasuprot biogorivima i sintetičkim gorivima koja zajedno mogu da pokriju manje od polovine potreba [14]. Radi toga su ove dve firme pokrenule zajednički razvoj uređaja i sistema za snabdevanje vozila tečnim vodonikom.

## Gorivne ćelije

Vodonik kao energent može da se koristi na više načina. S obzirom na visoku toplotnu moć on može direktno da sagoreva u ložištima, pa i u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem, slično kao i druga gasovita goriva fosilnog ili drugog porekla. Takva ispitivanja sprovode se i u nekim velikim automobilskim kompanijama (BMW, Ford). Međutim, najveće šanse za primenu vodonika, a to znači za novu energetsku eru ili „eru vodonika“, daju se gorivnim ćelijama koje kao gorivo koriste vodonik, a ispituju se u skoro svim velikim kompanijama, posebno u Japanu (Honda, Toyota). Karakteristično je da se u ove veoma ozbiljne i skupe razvojne projekte, pored automobilske industrije, sve više uključuju i vodeće kompanije iz oblasti energetike, naftne i procesne industrije [1, 12, 18].

Gorivne ćelije veoma su jednostavni uređaji, slični akumulatorima [11, 16], koje proizvode električnu energiju sve dok se snabdevaju gorivom. Sastoje se od dva „sendviča“ elektroda oko kojih je elektrolit (fosforna kiselina, tvrdi oksidi, istopljeni karbonati, i dr.). Na anodu se dovodi vodonik, a na katodu kiseonik, odnosno vazduh. Vodonik koji ulazi u ćeliju prolazi kroz membranu i tada se od svakog njegovog atoma izvlači elektron, čime se stvara električna struja, a oslobađa vodena para i toplota. Ove membrane, koje čine srž gorivne ćelije, najčešće su tzv. PEM membrane (Proton Exchange Membrane). Vodonik može direktno da se dovodi na anodu ćelije iz odgovarajućih rezervoara, u tečnom ili gasovitom stanju, ili iz reformera u kojima se vodo-

nik izdvaja iz metanola, prirodnog gasa, etanola, pa čak i benzina.

Ovako proizvedena električna energija može da se koristi za razne namene. Američki koncern General Motors nedavno je objavio da, prema njihovim istraživanjima, postoji veliki interes za gradnju stacionarnih „energana“ sa gorivnim ćelijama, koje treba da služe kao rezerva („back-up“) za napajanje releja za mobilnu telefoniju, centrala kompjuterskih mreža i sličnih sistema, posebno onih koji imaju problema sa napajanjem iz električne mreže, zbog udaljenosti, nepouzdanosti isporuka ili drugih razloga. Ova firma tvrdi da je u stanju da veoma brzo razvije ovakve „električne centrale“ sa gorivnim ćelijama [8]. Slično tome, i General Electric, veliki multinacionalni koncern u području energetike, radi na razvoju stacionarnih izvora električne energije sa gorivnim ćelijama, za opremanje poslovnih i stambenih zgrada, odnosno za osvetljenje, grejanje i napajanje drugih potrošača u domaćinstvu.

Međutim, najveći interes za gorivnim ćelijama, i ovako proizvedenom električnom energijom, ima automobilska industrija. Pored energetskih na to veoma utiču i ekološki razlozi. Naime, sa ekološkog stanovišta vodonik je nesporno najbolje gorivo za motorna vozila. Vozila sa elektropogonom i gorivnim ćelijama na vodonik emituju u okolinu samo vodenu paru, bez ikakvih štetnih sastojaka. To su „vozila sa nultom emisijom“ („zero emission vehicles“). Ako gorivne ćelije rade na prirodni gas, metanol ili etanol, situacija je nešto lošija, ali, ipak, znatno povoljnija nego pri radu čak i najboljih motora sa unutrašnjim sagorevanjem. U ovom slučaju u atmosferu se

emituje ugljen-dioksid, a u tragovima i ugljovodonici, ugljenmonoksid i oksidi azota, ali u količinama koje su 1000 puta manje nego pri sagorevanju dizel goriva. Rezultati merenja pokazuju da se generisanjem 1 MW električne energije iz gorivnih ćelija na fosilna goriva u atmosferu emituje 45 t sumpordioksida i oko 19 t oksida azota manje nego pri sagorevanju naftnih derivata. To dokazuje da je pogon vozila gorivnim ćelijama, a posebno ćelijama koje rade na vodonik, veoma perspektivno rešenje.

### **Vozila sa gorivnim ćelijama na vodonik**

Primena vodonika za sada najviše dolazi do izražaja u motornim vozilima. Postoje podaci da se u svetu preko 400 kompanija bavi razvojem vozila sa gorivnim ćelijama na vodonik. Najviše ih je u SAD, Kanadi, Japanu, Nemačkoj, Francuskoj, Italiji, ali i u Rusiji, Koreji, Danskoj, Holandiji, Španiji, pa čak i u Indiji i Saudijskoj Arabiji. Najveće domete u ovom području ostvarila je kompanija Ballard Power Systems, koja je sa Daimler Krajslerom i Fordom formirala zajedničku firmu za proizvodnju gorivnih ćelija za vozila.

Snabdevanje gorivnih ćelija vodonikom na vozilu može da se reši na nekoliko načina. Najjednostavnije je da se na vozilo ugrade rezervoari vodonika u tečnom ili komprimovanom stanju, slično kao što se to radi u vozilima koja koriste prirodni gas ili druga gasovita goriva. Problem je što tečni vodonik treba da bude rashlađen na veoma niske temperature, ispod  $-250^{\circ}\text{C}$ , a ukoliko je u gasovitom stanju treba da bude sabi-

jen na vrlo visoke pritiske (najmanje 250 bara). Porastom pritiska sabijanja povećava se masa rezervoara, što dovodi do smanjenja radijusa kretanja vozila sa jednim punjenjem rezervoara. U obe varijante podrazumeva se da se vodonik proizvodi u stacionarnim postrojenjima i da se posebnim sistemima razvodi, odnosno transportuje do mesta na kojima vozila treba da se popunjavaju.

Istražuju se i drugi sistemi napajanja vozila vodonikom. Jedan od njih je skladištenje vodonika u rezervoaru u čvrstom stanju, pomoću tzv. hidrida, odnosno intermetalnog jedinjenja nikla, hroma i vanadijuma koje poput „magneta“ vezuje vodonik. Zagrevanjem hidrida oslobađa se vodonik u gasovitom stanju i dovodi do gorivnih ćelija. Smatra se da će baš ovo rešenje omogućiti da gorivne ćelije budu realnost pre kraja ove dekade. Još više se radi na razvoju reformera, odnosno uređaja u kojima se vodonik oslobađa konverzijom nekog ugljovodoničnog goriva. „Proizvodnja“ vodonika na samom vozilu pomoću reformera je bolje sa stanovišta distribucije i snabdevanja vozila vodonikom, ali je tehnološki složeno i ekološki lošije rešenje.

Nekoliko primera će dobro ilustrirati ove načelne ocene. Radi se o hibridnim vozilima velikih svetskih proizvođača, kod kojih je paralelno moguć pogon klasičnim motorom sa unutrašnjim sagorevanjem (načelno za kretanje po otvorenim putevima) i elektromotorom (za kretanje u užim gradskim jezgrima), koji se napajaju električnom energijom iz gorivnih ćelija koje rade na vodonik.

General Motors radi na ovom programu već više od decenije [13]. Procenjuje se da je to vrlo perspektivan pro-



gram, pa se u ove projekte, na kojima je angažovano preko 500 inženjera, investira svake godine više stotina miliona dolara. Cilj je da se do 2010. godine dostigne proizvodnja automobila na gorivne ćelije i vodonik, a koja će biti profitabilna, i da nešto pre 2020. godine ova firma u svetu bude prva koja će na tržište plasirati milion ovakvih vozila.

Posle više eksperimentalnih vozila, među kojima su zapaženi modeli HydroGen1 i HydroGen2, General Motors je nedavno na bazi platforme poznatog modela Zafira, lansirao vozilo HydroGen3. Ovaj model će svakako ostati zabeležen u istoriji kao prvo vozilo na vodonik za koje je nedavno u Japanu dobijeno zvanično odobrenje za korišćenje u saobraćaju. Odobrenje je izdalo japansko Ministarstvo za zemljište, infrastrukturu i transport, a posebnom odlukom odobreno je i korišćenje, odnosno ugradnja u ovaj automobil rezervoara za tečni vodonik (od nadležnog organa za sudove pod pritiskom).

General Motors u ovom razvoju usmerava pažnju ne samo na razvoj vozila već i na usavršavanje pojedinih podsistema i elemenata, posebno na razvoj samih gorivnih ćelija. Tako je u HydroGen3 ugrađen blok od 200 ćelija nove generacije, koje generišu 94 kW i pogone elektromotor od 60 kW. Pogon je na prednje točkove, a najveća brzina iznosi 160 km/h. Vozilo može da se pokrene za samo 30 sekundi i to i pri spoljnjim temperaturama do  $-20^{\circ}\text{C}$ . Ovaj blok još uvek ima relativno veliku masu, ali se očekuju znato lakše konstrukcije.

Velika pažnja poklanja se i razvoju boljih rezervoara za vodonik. Gene-

ral Motors istražuje obe mogućnosti – korišćenje vodonika u gasnom stanju, sabijenog na 700 bara, i korišćenje vodonika u tečnom stanju, koji treba da se rashlađuje na  $-253^{\circ}\text{C}$ . Sa rezervoarima vodonika pod pritiskom, kakvi su ugrađeni u automobil HydroGen3, akcioni radijus vozila je 400 km, a sa rezervoarima tečnog vodonika znatno manje – oko 270 km (sa jednim punjenjem rezervoara). U prvom slučaju duže stajanje, odnosno nekorišćenje automobila, izaziva blago isticanje vodonika, pa i pad pritiska u rezervoaru, dok se u drugom slučaju tečni vodonik i posle dužeg stajanja praktično ne gubi. Problem je što su još uvek i jedni i drugi rezervoari prilično skupi, čak i pri proizvodnji od 100.000 jedinica godišnje. Radi toga se istražuju mogućnosti smanjenja troškova proizvodnje ugljenih vlakana i kompozitnih materijala, koji čine osnovu za izradu ovih rezervoara.

Honda je još pre tri godine plasirala na tržište SAD desetak hiljada hibridnih vozila Insight, u kojima se gorivne ćelije napajaju benzinom [9, 10]. Tvrdi se da je ovo vozilo, prvo komercijalno raspoloživo elektrovozilo sa gorivim ćelijama. Posle toga, u saradnji sa proizvođačem ćelija firmom Ballard, Honda je razvila više zapaženih modela. Počelo se 1999. godine sa modelom FCX-V2, nazvanog Gen-1, čiji se blok gorivnih ćelija napaja vodonikom iz ugrađenog (on-board) reformera, koji radi na metanol. Ovaj blok imao je zapreminu 67 litara, masu 101 kg, i snagu 30 kW. Već druga generacija, odnosno Gen-2 ili FCX-V3 iz 2001. godine, ima znatno bolje gorivne ćelije: zapremina bloka je 48 litara, masa 73 kg i snaga 35 kW. Sada je na redu treća gene-

racija, nazvana Next-Gen, kod koje blok ćelija ima zapreminu 35 litara, masu 48 kg i snagu 50 kW. Ovo vozilo, koje ima prednji pogon sa poprečno postavljenim motorom nad prednjim mostom, prikazano je javnosti ove godine. Za razliku od prethodnika, vodonik se u ovom vozilu ne dobija iz reformera, već iz rezervoara zapremine 156 litara u kojima se vodonik nalazi sabijen pod pritiskom od 700 bara. Pored toga, u sistem za gorivo ugrađeni su i novi, za ovo vozilo specijalno razvijeni „ultracapacitatori“, koji zamenjuju paket ćelija sa metalnim hidridima, koji su se do sada koristili, što povećava stepen korisnosti u procesu transformacije energije. To daje mogućnost da akcioni radijus vozila iznosi oko 275 km.

Pored znatno veće specifične snage (po jedinici zapremine i mase), nove gorivne ćelije mogu da rade u velikom dijapazonu temperature, od + 95 do - 20°C. Za polovinu je smanjen i broj delova celog bloka (u odnosu na Gen-2), što je ostvareno mnogim poboljšanjima: presovana metalna bi-polarna/separator konstrukcija i aromatske elektrolitske membrane, koje su prvi put primenjene. Separator je od običnog nerđajućeg čelika, a ne od specijalnog grafita najveće čistoće, kao u većini PEM gorivnim ćelijama, koji se teško obrađuje i zahteva vrlo precizne mašine. Za nove metalne separatore mogu da se koriste obične mašine, a mogu i da se recikliraju. Ugrađene su i nove aromatske elektrolitske membrane (umesto onih na bazi fluora, koje se najčešće koriste). Nove membrane izrađuju se od plastičnih materijala, koji se, takođe, znatno lakše obrađuju.

Tojota, drugi veliki japanski proizvođač automobila, radi na ovom programu

već niz godina. Na tržištu se već nalazi model Prius, za koji je planirana prodaja od preko 35.000 primeraka u naredne dve godine. Međutim, sada su aktuelni noviji modeli pod oznakom FCHV. To su, takođe, vozila sa prednjim pogonom, sa sinhronim elektromotorom snage 80 kW i maksimalnim obrtnim momentom 260 Nm. Blok sa 400 gorivnih ćelija, svaka sa naponom od 0,6 do 0,7 V, daje snagu od 90 kW. Upravljačka jedinica, blok gorivnih ćelija i elektromotor imaju masu od oko 300 kg, a postavljeni su ispod prednje haube, na posebnoj šasiji. Tu je smešten i veliki hladnjak, koji se koristi za hlađenje gorivnih ćelija i elektromotora tečnim fluidom. U pogledu rezervoara vodonika Tojota je tokom mnogo godina isprobavala različita rešenja. U model FCHV ugrađena su četiri rezervoara vodonika u gasovitom stanju, pod pritiskom od 500 bara, ispred i iza zadnje osovine. Zapremina rezervoara obezbeđuje akcioni radijus od 300 km za „japanski ciklus gradske vožnje“, odnosno oko 290 km za „kombinovani gradski-medugradski ciklus saobraćaja“ prema normama u SAD. Međutim, Tojota još uvek nije rešila problem startovanja vozila sa vodonikom na temperaturama ispod 0°C. Interval temperatura u kojem se ova vozila mogu startovati je od 0 do 40°C, što je veliko ograničenje za mnoge korisnike (HydroGen3 može da startuje i pri - 20°C).

BMW ima, takođe, zapažene programe razvoja vozila na vodonik, u čemu prednjači među evropskim proizvođačima automobila [14]. Ovaj razvoj ima više faza. U prvoj fazi išlo se na „dvo-gorivna“ vozila, u koja se ugrađuju klasični motori sa unutrašnjim sagorevanjem, ali podešeni tako da mogu da rade ili na

benzin ili na vodonik. Nedavno je završena prva probna serija od 15 ovakvih „dvogorivnih“ vozila na bazi modela 750, koja su označena kao BMW 750 hL. To znači da postoje dva posebna sistema za gorivo, sa dva posebna rezervoara. Sa jednim rezervoarom benzina vozilo može da pređe oko 650 km, a sa jednim rezervoarom vodonika zapremine 140 litara oko 300 km. Vodonik je u rezervoaru u tečnom stanju, odnosno radi se o tzv. „krio-rezervoaru“, u kojem se tečni vodonik nalazi na temperaturi od  $-253^{\circ}\text{C}$ .

U automobil BMW 750 hL ugrađen je i mali blok gorivnih ćelija koji sa vodonikom kao gorivom daje snagu od 5 kW pri naponu od 42 V. Gorivne ćelije ovde se ne koriste za pogon vozila, već zamenjuju akumulator, tj. služe za napajanje svih potrošača, počev od startera do svetlosnih i signalnih uređaja. Time se rešava jedan od krupnih problema savremenih vozila – zadovoljenje sve većih potreba za napajanje brojnih uređaja, što sve teže može da se rešava povećanjem napona i kapaciteta akumulatora.

Ford ne zaostaje mnogo i planira da model Focus FCV, sa vodonikom u gasovitom stanju sabijenim na oko 250 bara, pusti u prodaju 2004. godine. Na razvoju ovih vozila rade i Volkswagen, Hyundai, Mazda, Nissan, Mitsubishi, a zatim i Peugeot, Renault, Volvo, Mercedes i drugi [11, 17]. Pored putničkih vozila u središtu interesa su i autobusi, posebno za gradski saobraćaj. Na primer, na ulicama Londona već je u saobraćaju nekoliko autobusa Mercedes-Benz Citaro sa gorivnim ćelijama koje daju snagu od 250 kW. Interesantno je da se radi i na razvoju vojnih vozila sa hibridnim pogonom,

mada za sada samo sa elektropogonom koji se napaja iz akumulatora [19].

### Ograničenja u primeni vodonika

Za dalju primenu vodonika danas postoje dva velika ograničenja koja moraju da se reše. Prvo se odnosi na infrastrukturu, odnosno na sistem proizvodnje i distribucije vodonika, a drugi na cenu i troškove. Treba da se reše i određeni konstrukcijski i bezbednosni problemi, ali izgleda da ova ograničenja ne stvaraju veće teškoće. Kada se radi o korišćenju vodonika za pogon motornih vozila najveći problem je obezbeđenje potrebnih performansi, koje mogu da se porede sa današnjim vozilima. To se posebno odnosi na autonomnost kretanja sa jednim punjenjem rezervoara.

#### *Proizvodnja i distribucija*

Vodonik može da se proizvodi na različite načine – elektrolizom, gasifikacijom i izdvajanjem (pomoću reformera) iz fosilnih goriva. Sa energetske stanovišta napajanje proizvodnih postrojenja može da bude iz električne mreže ili iz posebnih generatora električne energije, vezanih za sistem u kojem se vodonik proizvodi. Izvori električne energije mogu biti toplotne, hidro ili nuklearne elektrane, kao i svi obnovljivi izvori energije, kao što su energija Sunca, vetra, geotermalnih voda, plime i oseke [12, 14].

Sa ekološkog stanovišta najbolji su procesi dobijanja vodonika elektrolizom, uz pomoć električne energije dobijene iz obnovljivih izvora. Pošto su ovi oblici primarne energije još uvek nedovoljno

raspoloživi, vodonik se danas dobija uglavnom iz prirodnog gasa, metanola i drugih fosilnih goriva (oko 99%). Od svih tih mogućnosti ekološki je najpovoljnije dobijanje vodonika iz prirodnog gasa, pošto tada gorivne ćelije emituju mnogo manje štetnih gasova, posebno gasova „staklene bašte“, od svih drugih goriva [7]. Međutim, na ovaj način ne rešava se problem emitovanja ugljendioksida u atmosferu.

Današnja proizvodnja vodonika procenjuje se na oko 500 milijardi kubnih metara godišnje, i to pretežno za hemijsku i procesnu industriju, pri čemu se samo jedna trećina sagoreva, odnosno koristi za generisanje toplote. Proizvedeni vodonik dovodi se do korisnika uobičajenim transportnim sredstvima – cisternama, a jedan deo cevovodima. Po celom svetu već je počela da se gradi mreža cevovoda koja povezuje proizvođače i korisnike, posebno u industrijskim zonama. Procenjuje se da ova mreža već danas ima više hiljada kilometara [14].

Ima i više primera eksperimentalnih pogona za proizvodnju vodonika i generisanje električne energije u izdvojenim jedinicama, namenjenim određenim potrošačima. Honda je, na primer, razvila eksperimentalnu kućnu energetska stanicu na vodonik, tzv. HES (Home Energy Station), koja je namenjena snabdevanju domaćinstva električnom energijom i toplom vodom. Ova stanica izgrađena je 2003. godine u Istraživačkom centru ove firme u Torensu u Kaliforniji, a ćelije rade na prirodni gas. Iako je ovo već druga stanica ove vrste, usavršena u odnosu na prethodnu koja je izgrađena na istoj lokaciji 2002. godine (bolja čak tri puta!), ona se još tretira kao eksperimentalna [9, 10].

Na istoj lokaciji, u Kaliforniji u kojoj ima puno sunčanih dana, Honda je izgradila jedno tehnološki i ekološki još bolje eksperimentalno HES postrojenje, u kojem se vodonik dobija uz pomoć solarne energije. Interesantno je da je ova stanica arhitektonski dizajnirana u obliku broda i predstavlja simbol čiste energije. Ovo postrojenje ima u svom sastavu fotovoltski modul za generisanje električne energije, jedinicu za elektrolizu u kojoj se oslobađa vodonik i rezervoare za vodonik pod pritiskom. Ugrađen je i dispencer, odnosno pumpa za napajanje vozila [10].

Ugrađeni fotovoltski moduli rezultat su posebnih istraživanja i predstavljaju značajno tehnološko unapređenje. U modul su ugrađene fine prevlake od jedinjenja bakar-indium-galijum-selen (CIGS). Jedinica za elektrolizu i generisanje vodonika sastoji se od prečistača vode (obične, iz „česme“), elektrolizera, separatora koji razdvaja gasoviti vodonik i vodu i prečistača koji iz vodonika izdvaja preostalu paru i male količine kiseonika. Elektrolizer je sličan gorivnim ćelijama sa PEM membranama, ali sa obrnutim procesom. Na anodu se dovodi čista voda i električni napon, vodonik prolazi kroz PEM membranu, pa se gasoviti vodonik oslobađa na katodi. Elektrolizer i dispencer su dimenzija  $600 \times 600 \times 1000$  mm, zapremina rezervoara je  $110 \text{ m}^3$ , a čistoća vodonika 99,999% (bez vode). Ova prva HES stanica na solarnu energiju ima kapacitet  $2 \text{ m}^3$  vodonika na sat, odnosno maksimalno  $2000 \text{ m}^3$  godišnje.

Slično stacionarno postrojenje, ali znatno većih kapaciteta, razvila je i firma General Motors. Njihova stacionarna elektrana, koja je izgrađena pored Hjustona u Teksasu, snabdeva električnom

energijom procesna postrojenja koncerna Dow Chemical (u kome je vodonik nus-prodakt u nekim procesima). Ovo pilot postrojenje ima blok gorivnih ćelija sa PEM membranama, istim kao i u vozilima HydroGen, a instalacija je smeštena u jednu prikolicu, koja je opremljena svim potrebnim kontrolnim i zaštitnim uređajima. Snaga bloka gorivnih ćelija je 75 kW, što je inače dovoljno za snabdevanje desetak prosečnih porodičnih kuća. Planovi su, da se ovaj sistem ubrzano širi, tako da se do 2006. godine izgradi 400 ovakvih stacionarnih generatora, svaki sa 12 ili više blokova gorivnih ćelija, tako da se obezbedi snaga od oko 35 MW, što je dovoljno za jedan mali grad. Ovaj ceo sistem je svojevrsna „laboratorija za učenje“, koja treba da pruži potrebna znanja o održavanju i pouzdanosti sistema i pojedinih komponenata, a i o troškovima izgradnje i funkcionisanja ovakvih energana. Smatra se da je to važan korak ka „eri vodonika“ [8].

Postojeći kapaciteti, odnosno proizvodnja i infrastruktura, nisu dovoljni za široko korišćenje ovog energenta u svim sektorima života, a posebno u saobraćaju. Potrebno je da se izgradi široka mreža proizvodnih jedinica – „energana“, široka mreža cevovoda i drugih oblika transporta i odgovarajuća mreža za distribuciju, odnosno mreža „pumpnih stanica“ za snabdevanje krajnjih potrošača. Ovim sistemima treba da se zadovolje sve potrebe vozila i vozača, analogno rešenjima koja postoje za snabdevanje naftom i naftnim derivatima. Zato se u ovaj razvoj veoma mnogo ulaže. Trenutno su u SAD i Evropskoj zajednici na snazi razvojni programi od oko 3,7 milijardi dolara [18]. Ukupne potrebne investicije su, me-

đutim, daleko veće. U General Motorsu, na primer, smatraju da je potrebno da se u SAD u narednim godinama izgradi 11.700 novih stanica za vodonik za popunu vozila. Cilj je da vozač u urbanim zonama ima na raspolaganju pumpne stanice na rastojanjima najviše do 2 milje, odnosno oko 1600 metara, a na auto-putevima do 25 milja, odnosno na oko 40 kilometara, što znači da će biti potrebno oko 10–15 milijardi dolara [12]. Ova firma je već sa naftnim koncernom Shell izgradila jednu takvu eksperimentalnu pumpnu stanicu u Vašingtonu, u koju se vodonik dovozi kamionima – cisternama. Eksperiment je pokazao da su troškovi gradnje i rada stanice daleko veći od predviđenih, posebno zbog velikih troškova sistema bezbednosti i zaštite. Sličnu takvu stanicu izgradio je nedavno na aerodromu u Minhenu i BMW, i to za napajanje vodonikom vozila aerodromske službe – autobusa vodonikom pod pritiskom, a putničkih vozila tečnim vodonikom [14].

### **Cena i troškovi**

Pored proizvodnje i distribucije, i cena vodonika koju treba da plati krajnji korisnik predstavlja veliko ograničenje za korišćenje ovog energenta. Iako se pominju različite cene, smatra se da je cena ovog energenta zasada veoma visoka, bar 10 puta viša nego što bi tržište moglo da prihvati [10, 18]. Cena vodonika zavisi od korišćene primarne energije, ali i od stepena razvijenosti infrastrukture, naročito u vezi sa sigurnosno-bezbednosnim merama. Dok je cena energije koja se dobija iz vodonika koji se proizvodi u Severnoj Africi pomoću solarne energije oko 0,25

aura po kWh (zajedno sa infrastrukturom i distribucijom), vodonik koji se dobija iz prirodnog gasa je mnogo jeftiniji. Ali, na duže staze, zbog ekoloških razloga i očekivanog smanjenja rezervi fosilnih goriva, osnovni interes je da se vodonik proizvodi energijom iz obnovljivih izvora [14]. Istraživanja su usmerena ka tome da proizvodnja vodonika pomoću obnovljivih izvora energije bude što jeftinija.

Na cenu električne energije dobijene iz gorivnih ćelija na vodonik, znatno utiče i visoka cena samih ćelija. Na primer, navodi se da je generisanje 1 kW snage pomoću gorivnih ćelija koštalo krajem 2000. godine oko 1.000 USD, dok se ista snaga u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem generiše za samo oko 50 do 60 USD. Izvesno je, da cene gorivnih ćelija iz dana u dan opadaju. Zbog toga su logične ocene da će u bliskoj budućnosti nove tehnologije i veće proizvodne serije omogućiti znatno jeftinije gorivne ćelije, jeftiniji vodonik, pa i znatno nižu cenu ovako proizvedene električne energije. Prognoze su da će cena 1 kW ovako dobijene energije već 2005. godine biti oko 200 USD, a 2007. samo 100 USD. Pošto vodonik ima veoma dobre ekološke osobine, logično je da će se njegovo korišćenje podsticati i od države i organa lokalne uprave. Ovakvi podsticajni sistemi u vidu smanjenja poreza, popusta i drugih beneficija već postoje u nekim zemljama (SAD, Švedska, Nemačka). Uz dalje osmišljene podsticaje treba da se očekuje da će cena vodonika uskoro biti sasvim prihvatljiva i konkurentna ceni današnjih goriva.

I pored toga što je u proteklih desetak godina već zabeleženo osetno smanjenje cena i gorivnih ćelija i vodonika,

cena vozila projektovanih za ovu vrstu pogona još uvek je veoma visoka. Na primer, japanske firme Toyota i Honda nude prodaju na lizing svojih modela FCHV, odnosno FCX, zasada samo na japanskom tržištu. Za model FCHV cena lizinga, koja obuhvata kompletno održavanje, servise i druge troškove logistike, iznosi za jedan mesec oko 10.000 USD, za period od 30 meseci, a za model FCX osetno manje, oko 6700 USD. Ako se to preračuna znači da kupac posle 30 meseci dobija vozilo FCHV za 300.000 USD, a vozilo FCX za oko 200.000 USD. Firma Yamaha nudi svoj skuter sa gorivnim ćelijama na vodonik po ceni od 87.000 USD. To su ogromne sume, bez obzira na to što uključuju i troškove korišćenja, mada mnogo niže nego pre samo nekoliko godina, kada se procenjivalo da ova kva vozila koštaju oko milion dolara.

#### *Bezbednost i konstrukcija*

Kada se radi o korišćenju vodonika kao energenta bitno je da se ima u vidu da je to izvanredno zapaljivo i opasno gorivo. Čak i u malim koncentracijama može lako da se zapali i da izazove vrlo opasne požare. Zbog toga je nužno da se u svim fazama procesa, počev od proizvodnje, preko distribucije, sve do krajnjih korisnika, obezbede posebno promišljene i efikasne mere zaštite, znatno sofisticiranije nego pri radu sa drugim gorivima. To, naravno, dalje povećava cenu i troškove.

Ako se radi o pogonu motornih vozila na vodonik, postoje i određena konstrukcijska ograničenja. Sama konstrukcijska ugradnja gorivnih ćelija i odgova-

rajuće opreme, posebno rezervoara vodonika, elektromotora i opreme, ne stvara praktično nikakve probleme. I performanse koje vozilo ostvaruje sa ovim gorivom su sasvim zadovoljavajuće. To je kod mnogih vozila već uspešno rešeno i dokazano. Jedini ozbiljniji problem postoji u vezi sa obezbeđenjem potrebne autonomnosti kretanja vozila, odnosno u vezi sa akcionim radijusom koji vozilo sa gorivnim ćelijama može da pređe sa jednim punjenjem rezervoara vodonika. Ovaj problem potiče od činjenica da vodonik ima znatno manji sadržaj energije u jedinici zapremine rezervoara. U poređenju sa benzinom, isti rezervoar napunjen tečnim vodonikom (rashlađenim na  $-250^{\circ}\text{C}$ ) ima samo 20% energije, a sa vodonikom u sabijenom stanju samo 16, odnosno 7% (za pritiske od 700 i 200 bara, respektivno) [14]. Zato su akcioni radijusi vozila sa gorivnim ćelijama, u principu, znatno manji nego sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem koji rade na druga goriva. Ugradnja velikih rezervoara sa pritiscima sabijanja vodonika od 700 bara i više, kako to rade General Motors i Honda, umanjuje ovaj problem, ali ga i ne rešava potpuno.

### **Zaključna razmatranja**

Vodonik je očigledno izvanredno kvalitetan energent, koji može trajno da reši probleme energetike čovečanstva. Zato se u celom svetu u ovom pravcu ulažu ogromni razvojno-istraživački naponi i investiraju velika sredstva. Dosad ostvareni rezultati govore da je „era vodonika“ vrlo realna i da je već na pomolu.

Da bi vodonik postao prihvatljiv energent nužno je da se obezbede

osnovni logistički elementi, a pre svega sistemi proizvodnje, distribucije i snabdevanja. Proizvodnja vodonika na duži rok mora da se zasniva na obnovljivim izvorima energije (sunce, vetar, hidro, itd.), ali u prelaznom periodu će se svakako koristiti i energija dobijena iz fosilnih goriva, naročito prirodnog gasa. U pogledu infrastrukture za distribuciju i snabdevanje krajnjih korisnika trebalo bi koristiti rešenja koja će biti konkurentna postojećim sistemima za naftu, naftne derivate, prirodni gas i druga gasovita goriva. Od osnovne je važnosti da se ostvare efikasne mere zaštite i bezbednosti.

Pored toga, treba da se obezbede i zadovoljavajuće ekonomske performanse, odnosno prihvatljiva cena. Sasvim je izvesno, međutim, da će cena vodonika, gorivnih ćelija, infrastrukture, odnosno tako proizvedene energije, biti sve niža. Tome će doprineti nove tehnologije, ali i zakoni masovne proizvodnje, kako je to bilo sa radio-tranzistorima, računarima i mobilnim telefonima. Zato može da se tvrdi da će vodonik kao energent biti sasvim dostupan i u pogledu cene. Pri tome je suštinski važno da će, zbog svoje izuzetne raspoloživosti i rasprostranjenosti, moći da se proizvodi na svim krajevima sveta, u svim zemljama, i svakom naselju. Isto važi i za proizvodnju električne energije na ovim osnovama.

Doći će vreme kada će milioni krajnjih potrošača povezati svoje gorivne ćelije u lokalne, regionalne i nacionalne energetske mreže, odnosno web sisteme, koristeći iste principe projektovanja i inteligentne tehnologije koje omogućavaju World Wide Web. Električna energija će se razme-

njivati i deliti, od jednog proizvođača do drugog, stvarajući novu formu decentralizovanog upravljanja i korišćenja. Treći svet neće više zavisiti od uvoza nafte i politike globalnih operatera. U takvim uslovima, velike energetske kompanije, proizvođači nafte i električne energije, koje danas „vlada ju svetom“, posebno siromašnim zemljama u razvoju, moći će da se bave samo proizvodnjom i prodajom gorivnih ćelija i infrastrukturne opreme, kao i održavanjem i regulisanjem postojećih i novih razvodnih mreža i energetskih sistema [1].

*Literatura:*

- [1] Rifkin, J.: Hydrogen Economy, Tarcher Putnam, London, 2003.
- [2] Traffic Growth and Infrastructure Needs in Europe, AIT-FIA Euroconference, Bonn, 1996.
- [3] Evolution of Tourism and the Automobile, Report by the General Secretariat of AIT, Geneva, september 1996.
- [4] Energy Efficiency in Transportation – Alternatives for the Future, United Nations, Dpt. for Dev. Support and Management, Publ. ST/TCD/EB/1, New York, 1993.
- [5] Bertrand, B.: Automobiles, Energy and Environment after 2005, Proc. FISITA Congress/SAE Paper 945111, Beijing, 1994.
- [6] Tichy, von G.: Industrie und Energie, Erdol Erdgas Kohle, No. 12, 1992.
- [7] Patil, P.: Alternative Fuels in Future Vehicles, Automotive Engineering, No. 1. 1996.
- [8] Fuel cells at a standstill, Prof. engineering, London, february 2004.
- [9] Yamaguchi, J.: Honda brings the hydrogen economy closer, Automotive Engineering (SAE), No. 2, 2004.
- [10] Footprints to the future, Automotive Engineer, London, february, 2004.
- [11] Fuel cells test point DC to tomorrow's world, Automotive Engineer, London, december 2003.
- [12] Bridging the technologies, Automotive Engineer, London, december 2003.
- [13] Diem, W.: GM's Hydrogen projects – The future is so promising, AutoTechnology, London, No. 1, 2003.
- [14] Metz, N.; Cozzarini C.: Hydrogen – the BMW strategy on the future fuels, AutoTechnology, London, No. 1, 2003.
- [15] Todorović, J.: Aleternativna goriva – moda ili potreba, Vojnotehnički glasnik, Beograd, br. 3, 1998.
- [16] Clean energy – Alternative power sources, SAE – Automotive Engineering Int., feb. 2000 – DANA Ad. Supp.
- [17] Preparing for the Hydrogen age, SAE – Automotive Engineering Int., oct.. 2003.
- [18] Alternative fuels, AutoTechnology, London, No. 6, 2003.
- [19] Drive for military efficiency, Automotive engineer, London, march 2003.
- [20] En route to the hydrogen economy, Professional Engineering, No. 12, 27 june 2001.



**Dr Boban Đorović,**  
major, dipl. inž.  
Vojna akademija – Odsek logistike,  
Beograd

## **NOVI PRISTUPI U PROJEKTOVANJU STRUKTURE ORGANA UPRAVLJANJA U SAOBRAĆAJNOJ SLUŽBI**

UDC: 356.257 : 65.012.4 : 519.8

### *Rezime:*

*U radu je prikazana mogućnost primene analitičkog mrežnog procesa u projektovanju strukture organa upravljanja u saobraćajnoj službi. Ova metoda prikazana je u fazi izbora jedne od varijanti strukture organa upravljanja. Kada se za izbor varijantnih rešenja koriste metode višekriterijumskog odlučivanja, one polaze od pretpostavke da su kriterijumi za vrednovanje varijantnih rešenja međusobno nezavisni. Analitički mrežni proces uvodi međusobnu zavisnost kriterijuma, kao i zavisnost kriterijuma od alternativa. Primenom ove metode i softvera super decisions znatno se povećava stabilnost izabrane varijante organizacije, i može se smatrati da je ona najbolja.*

*Ključne reči: projektovanje, organ upravljanja, analitički mrežni proces.*

---

### **NEW APPROACHES IN DESIGNING THE STRUCTURE OF MANAGING BODIES IN TRAFFIC SERVICE**

#### *Summary:*

*A possibility of implementing an analytical network process in designing the structure of managing bodies in traffic service is illustrated. This method is shown by selecting a model of one of the variants of the structure of managing bodies. When multi-criteria methods are used in the choice of possible solutions, they start from the presumption that the criteria for evaluating variant solutions are mutually independent. The analytical network process implements mutual dependence of criteria as well as the dependence of criteria on alternatives. By implementing this method and the SUPER DECISIONS, software stability of a chosen variant of organization is increased and could be presumed as optimal.*

*Key words: design, managing body, analytical network process.*

---

#### **Uvod**

Dinamičnost okruženja vojne organizacije dovela je do shvatanja da je organizacija, pored opreme, tehnologije i kadrova, značajan resurs, jer objedinjava sve ostale resurse i čini ih svrsishodnim. Potreba izučavanja organizacije samo je prva faza u pristupu ovoj problematici, a konačan cilj je njeno projektovanje. Projektovanje organizacije složen je postupak koji treba da u različitim uslovima u

kojima se našla saobraćajna služba omogućiti takvu organizaciju koja će uspešno poslovati u promenljivim uslovima.

Saobraćajna podrška se, kao sistem, nalazi u stalnom menjanju svoje strukture: uvođenjem novih tehničkih sredstava, uvođenjem nove tehnologije, promenama u kadrovskoj strukturi, promenama u strukturi rukovođenja i upravljanja i sl.

Savremeni uslovi rada, diktirani razvojem nauke, zahtevaju permanentno istraživanje optimalnog modela, odnosno

projektovanje organizacije kao dinamičkog sistema. U tom smislu razvila se posebna naučna disciplina u organizaciji, čiji je zadatak da omogući takvu organizaciju koja će uspešno poslovati u promenljivim uslovima, za razliku od klasičnog pristupa, čiji je zadatak bio da iz postojeće organizacije dobije najbolje rezultate.

Organizacija, kao dinamički sistem, zahteva da se istraživanju i projektovanju modela organizacije prilazi planski u pogledu tretmana koji ima projekat organizacije, razrade metodologije izvođenja projekta, planiranje aktivnosti upotrebom odgovarajućih metoda i stvaranjem organizacionih preduslova za izvođenje projekta (kadrovi, sredstva i sl.) [1].

U radu su razmatrane nove potrebe i pristupi oblikovanju strukture organa upravljanja, kao i sistemski pristup rešavanju organizacionih problema, sa akcentom na projektovanju makroorganizacije, odnosno na izboru varijantnih rešenja. Izbor varijantnih rešenja u projektovanju strukture organa upravljanja prevazilazi mogućnosti menadžerske improvizacije i zahteva planski i metodološki razrađen postupak. U tom smislu, u radu se za izbor varijante organizacione strukture u saobraćajnoj službi predlaže metoda analitičkog mrežnog procesa (ANP).

### **Nove potrebe i pristupi u formiranju strukture organa upravljanja u saobraćajnoj službi**

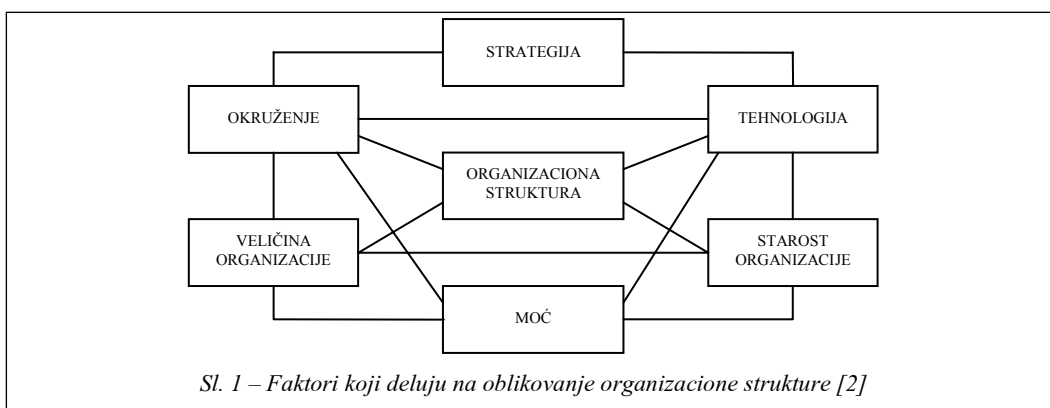
Interesovanje za organizacionu strukturu određeno je značajem koji struktura bilo kog sistema ima za njegovu dinamiku. Ni najbolja organizaciona struktura ne garantuje dobre poslovne rezultate i uspešno

funkcionisanje, ali loša struktura garantuje nefunkcionisanje i loše rezultate. Drugim rečima, adekvatna organizaciona struktura je preduslov uspešnog funkcionisanja organizacije.

Relativno kratak istorijat razvoja teorija organizacije pratili su neujednačen interes najvišeg rukovodstva velikih sistema za struktuiranje organizacije i tendencije stvaranja idealnih organizacionih oblika. Sve do pedesetih godina 20. veka rukovodioci nisu posvećivali dovoljno pažnje organizaciji i oblikovanju organizacione strukture, ali se danas i preteruje sa reorganizacijama koje su same sebi postale cilj, pa se njima čak zamenjuju strategijsko planiranje i poslovno odlučivanje.

Projektovanje organizacione strukture (posebno izrada organizacione šeme) nije prvi već poslednji korak u oblikovanju organizacije. Prvi korak je identifikovanje i organizovanje „gradivnih blokova“ organizacije, tj. aktivnosti koje moraju biti obuhvaćene u konačnoj strukturi i koje predstavljaju njene noseće elemente, koji se utvrđuju na osnovu vrste doprinosa pojedinih aktivnosti u funkcionisanju celine.

Organizacija ne može biti shvaćena kao mehanički zbir delova već kao „organska celina“ koja ima svrhu i misiju. Struktura organizacije je uslov i polazna pretpostavka za ostvarenje njenih ciljeva, pa se u radu na oblikovanju strukture počinje od ciljeva i strategije. Drugim rečima, struktura mora da sledi ciljeve i strategiju da bi bila efikasna, a efikasna struktura je ona koja omogućava uspešno obavljanje ključnih aktivnosti radi ispunjenja svrhe i misije.



Fajol, a i drugi naučnici iz te oblasti, navodili su da se organizaciona struktura ne razvija sama od sebe, niti intuitivno. Spontanom evolucijom u organizaciji lakše nastaju nered, konflikt i loše funkcionisanje nego red, harmonija i efikasno funkcionisanje, mada u savremenoj literaturi ima zagovornika teorije samoorganizacije sistema. Prema tome, za definisanje organizacionog oblika i strukture institucija neophodno je analitičko razmišljanje i sistemski pristup. Zbog složenosti definisanja organizacionog oblika i strukture neophodno je poznavanje odgovarajuće metodologije, metoda i tehnika koje se koriste u profesionalnom radu.

Tradicionalni teoretičari organizacije smatraju da formalna struktura treba da obezbedi najefikasniju podelu i koordinaciju aktivnosti. U tradicionalnim teorijama organizacije naglašava se definisanje formalne organizacije, tj. planirane strukture, koja je promišljen pokušaj da se uspostave šablonizovani odnosi između komponenata.

Nasuprot tradicionalnim teorijama organizacije, savremene teorije insistiraju i objašnjavaju principe, metode, kriterijume i pravila izgradnje i razvoja organizacione strukture (iako su ti modeli

najčešće empirijski, iako su u dobrim organizacijama dali dobre rezultate i sl.). Osnovna pitanja sa kojima se suočava pri identifikovanju i oblikovanju elemenata strukture – organizacije su [3]:

- koji delovi organizacije treba da budu organizacione jedinice;
- koje komponente treba da se grupišu, a koje da se razdvoje;
- koja veličina i oblik odgovara različitim komponentama;
- kako rasporediti i međusobno povezati različite organizacione jedinice?

Odgovori na ova pitanja nisu jednoznačni ni generalni, ali se na osnovu principa, kriterijuma, metoda i pravila u svakom konkretnom slučaju može definisati adekvatna organizaciona struktura.

Dizajniranje organizacione strukture obuhvata sledeće aktivnosti: analizu ključnih aktivnosti, analizu doprinosa, relacionu analizu i pravila i specifikaciju oblikovanja. Sadržaj ovih aktivnosti po elementima detaljno je razrađen u literaturi [2, 3].

U novom pristupu projektovanju organizacione strukture treba izbeći tradicionalne zablude i lažne dileme. Prva od njih je izražena pitanjem: da li u oblikovanju organizacije treba biti usredsređen

na zadatke ili na ljude? Bez obzira na moguća različita tumačenja, dosadašnja teoretska i praktična saznanja neosporno ukazuju na to da oblikovanje strukture i poslova treba da bude usmereno na zadatak, a da raspoređivanjem na radna mesta treba usaglasiti objektivne zahteve rada sa sposobnostima, znanjima i ličnošću radnika.

Sledeća zabluda je suprotstavljanje konceptata hijerarhijske organizacije i organizacije „slobodne forme“. Tradicionalna organizaciona teorija poznaje samo jednu vrstu izgradnje i razvoja organizacione strukture koju smatra pogodnom za sve zadatke. To je tzv. skalarna organizacija, tj. hijerarhijska piramida koju čine nadređeni i podređeni. Nasuprot tome, savremena teorija, isto tako isključivo, prednost daje slobodnoj formi organizacije u kojoj se oblik, veličina, pa čak i zadaci izvode iz međuljudskih odnosa. Svrha ovakve strukture je da omogući svakom pojedincu „potpunu slobodu“ u izvršenju poslova. Greška koju čine teoretičari i praktičari nije u davanju prednosti jednom ili drugom konceptu, već u jednostranom posmatranju višedimenzionalnog sistema kakav je organizacioni. Bilo kojoj organizaciji, a posebno vojnoj, potrebne su stabilna hijerarhijska struktura autoriteta i odlučivanja, sa jasno definisanim zadacima, ali i sposobnost organizovanja rada pojedinaca u okviru „slobodnih formi“ kakve su operativne grupe i timovi, i to na trajnoj i povremenoj osnovi.

Pojava novih modela i pristupa organizacionog oblikovanja (projektni i matrični modeli, kontingentni ili situacioni pristup) ukazuju na greške tradicionalne teorije o postojanju najboljeg mo-

dela organizovanja. Nijedan od poznatih modela nije univerzalan, jer svaki ima svoje ozbiljne strukturne slabosti i, najčešće, ograničenu primenljivost samo za određene uslove, vrstu rada i specifične zadatke. Ne postoji idealan model organizacione strukture čijom se primenom obezbeđuje siguran uspeh u poslovanju, ali pogrešnom izgradnjom, razvojem i primenom neadekvatnog modela organizacione strukture postavljaju se pogrešne osnove za rad i budući razvoj organizacije, koji vodi lošem funkcionisanju, lošim rezultatima i drugim negativnim efektima. Ako se već traži najbolje rešenje onda je to organizaciona struktura koja omogućuje i obezbeđuje organizaciji najbolje funkcionisanje i postizanje dobrih rezultata u svim domenima, koja i svim zaposlenima omogućuje da sve svoje snage angažuju u izvršenju zadataka i da doprinesu ostvarivanju svrhe i misije organizacije.

### **Faze projektovanja organizacije**

Projektovanje organizacije, kao mlada naučna disciplina, treba da odgovori na pitanje: kakva mora biti organizacija da bi uspešno poslovala u konkretnim uslovima. U [4] se navodi više pristupa definisanju metodologije projektovanja organizacije, a jedan od njih je sistemski pristup rešavanju organizacionih problema.

Sistemski pristup rešavanju organizacionih problema podrazumeva sledeće osnovne faze u projektovanju organizacije [1]: pripremu za projektovanje organizacije, dijagnosticiranje postojeće organizacije, projektovanje modela organiza-

cije, primenu projektovanog modela organizacije i praćenje primene i njeno usavršavanje.

Za potrebe ovog rada interesantna je treća faza – *projektovanje modela organizacije* koja se sastoji od: planiranja projektovanja, globalne procene uslova predviđanja i projektovanja makroorganizacije.

Projektovanje makroorganizacije definiše i razgraničava nadležnosti i odgovornosti, i organizaciono uređuje međusobne odnose između organizacionih delova i odnose između delova i stručnih službi organizacije, kako bi organizacija funkcionisala kao jedinstven sistem.

Projekat makroorganizacije podrazumeva sledeće potfaze:

1. Definisane koncepcije razvoja osnovnih pravaca organizacije.
2. Projektovanje osnovnog koncepta poslovne politike i ciljeva na nivou organizacije.
3. Definisane organizacione koncepcije.
4. Definisane kriterijuma za organizovanje.
5. Projektovanje varijantnih rešenja organizacije.
6. Vrednovanje varijantnih rešenja i izbor optimalne varijante.

Pre vrednovanja varijantnih rešenja treba utvrditi i nedostatke svake varijante u međusobnom poređenju. Treba naglasiti da postoji visoka konfliktnost pojedinih varijanti, pa su neki autori tome posvetili posebnu pažnju, uvodeći tzv. kvazirešenje konflikta. Za ocenu boniteta razmatranih varijantnih rešenja i izbor optimalne varijante organizacije koriste

se: metoda ekonomskog vrednovanja, metoda bodovanja i metode višekriterijumskog odlučivanja.

Za sve višekriterijumske probleme karakteristično je postojanje više kriterijuma za odlučivanje i više alternativa za izbor najprihvatljivije akcije. Na osnovu toga izvršena je podela višekriterijumskih modela na [4]:

– modele višekriterijumskog odlučivanja, kod kojih su kriterijumi zadati atributima i kod kojih postoji konačan broj unapred zadatih alternativa za izbor i ne postoje posebna ograničenja, jer su ona uključena u attribute;

– modele višeciljnog odlučivanja, gde su kriterijumi zadati ciljevima, odnosno funkcijama cilja, a pošto nijedno rešenje nije unapred zadato, alternative za izbor se određuju u procesu rešavanja. Postojanje aktivnih ograničenja zahteva neophodnost uloge donosioca odluke.

Za ocenu varijantnih rešenja i izbor optimalne varijante organizacije najpogodnije metode su [4]: PROMETHEE, metoda ELECTRE (Elimination et Choix de la Réalité), analitički hijerarhijski proces uz korišćenje programskog paketa EXPERT CHOICE, ANP – analitički mrežni proces, fazivišekriterijumsko odlučivanje.

Izbor metoda višekriterijumskog odlučivanja zavisi od: karaktera, odnosno značaja odluke koja se donosi, mesta na kojima se odluka donosi, vrste odluke radi koje se vrši vrednovanje i načina funkcionisanja sprovođenja novog rešenja (konstrukcije finansiranja). Za izbor optimalne varijante strukture organa upravljanja u saobraćajnoj službi u radu se predlaže i razmatra metoda ANP.

## Analitički mrežni proces

Analitički mrežni procesi (Analytic Network Process – ANP) predstavljaju generalizaciju analitičko-hijerarhijskih procesa, i to tako što se preko povratne sprege hijerarhija zamenjuje mrežom. Oba pristupa odlučivanja počivaju na organizovanom načinu za uspostavljanje prioriteta, i to korišćenjem ocena članova ekspertskih timova. Oni, u stvari, predstavljaju matematičku teoriju vrednosti rezonovanja i ocena za koje se koristi količnička skala. Analitički mrežni proces, za razliku od hijerarhijskih strukturnih problema, uzima u obzir razne forme zavisnosti i povratnu spregu, i može se iskazati kao teorija merenja primenjiva za direktnu i indirektnu dominaciju uticaja između alternativa, u pogledu definisanih kriterijuma [5].

Struktura povratne sprege nije linearnog karaktera i mnogo više podseća na mrežu na kojoj se učestalo pojavljuju petlje koje međusobno povezuju grupe. Matrice koje u slučaju postojanja mreže opisuju ove zavisnosti nazivaju se supermatrice i moraju posedovati osobinu da su kolonski stohastičke, što znači da je suma elemenata svake kolone jednaka jedinici. Da bi se to postiglo svaku količničku skalu podesno treba uneti kao kolonu u matrici koja iskazuje uticaj elemenata komponente na elemente neke druge komponente (spoljašnja zavisnost) ili na elemente same komponente (unutrašnja zavisnost). Za one elemente koji nemaju ovakve vrste uticaja uzima se nulta vrednost. Kako se uticaj jednih elemenata na druge može izračunati višestrukim umnožavanjem ove supermatrice, neophodno je da ona ima sve nenegativne ula-

ze, odnosno da oni imaju isti karakter i tokom povećavanja njenog stepena. Ovaj rezultat može se jednostavno dobiti ako je graf sistema odlučivanja povezan, odnosno ako se ne može nikako podeliti u dva ili više disjunktih delova. Osobine matrica u sistemu sa povratnom spregom razjašnjene su u [5]. Međusobni uticaji elemenata komponente, odnosno elementa ostalih komponenti, mere se standardnom količničkom skalom.

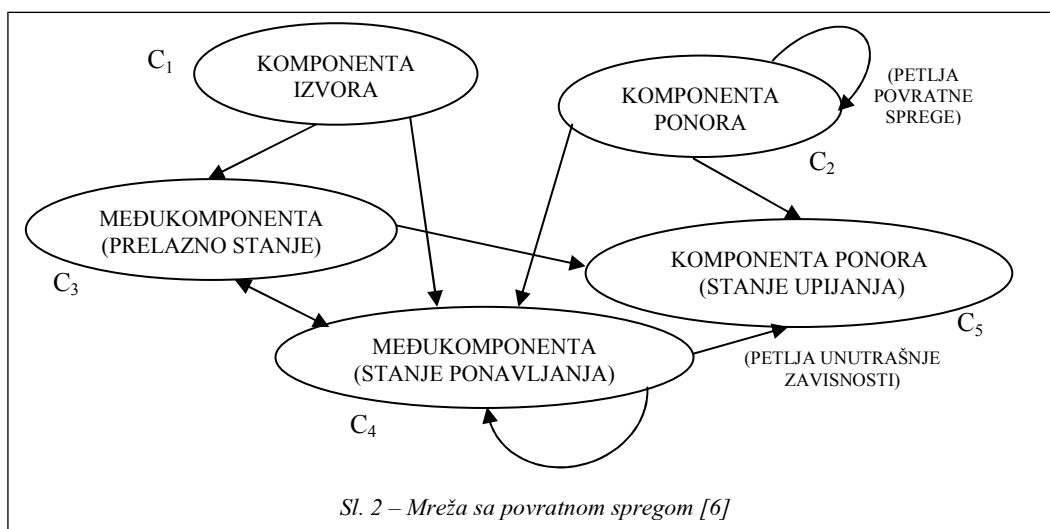
Količnička skala je dobijena na osnovu velikog broja računskih eksperimenata koje je sproveo Saaty [5]. Matrica kojom se opisuju zavisnosti kriterijuma i potkriterijuma od alternativa, i međusobna zavisnost kriterijuma konstruisana je na osnovu semantičke skale i numeričke skale od 1 do 9 koja se smatra gotovo standardnom i predstavljena je u tabeli 1.

Tabela 1

Osnovna Satijeva skala [5]

Intenzitet značaja	Definicija
1	Jednako značajne aktivnosti u odnosu na kriterijum
3	Neznatno veća važnost jedne u odnosu na drugu
5	Značajna važnost jedne prema drugoj
7	Pokazuje dominaciju
9	Ekstremna važnost
2, 4, 6, 8	Međuvrednosti ukoliko je neophodno načiniti kompromis
Recipročne vrednosti ovih brojeva	Iskazuju prednost drugog kriterijuma u odnosu na prvi

Na slici 2 grafički je prikazana mreža sa povratnom spregom za komponente tipa izvora, ponora i prelaza u slučaju unutrašnje i spoljašnje zavisnosti.



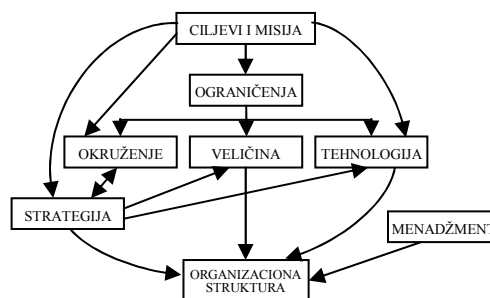
Svaki vektor prioriteta može se uvesti pogodnim unošenjem kolonskog vektora u supermatricu uticaja [5]. Za merenje međusobnih uticaja u supermatrici moguće je koristiti nekoliko različitih kriterijuma, a u odnosu na njihov izbor neophodno je postaviti i posebnu upravljačku hijerarhiju. Pojavni oblici upravljačkih hijerarhija obrađeni su u literaturi [4].

U ovom radu prikazana je metoda ANP u onoj meri koliko je potrebno da se uvidi njena razlika u odnosu na hijerarhijske metode i kako se hijerarhija zamenjuje mrežama, odnosno da se sagleda mogućnost njene primene u izboru organizacije upravnih organa SbSI. Detaljan opis procedure metode ANP prikazan je u literaturi [4, 5, 6].

### Primena analitičkog mrežnog procesa u izboru organizacione strukture upravnih organa saobraćajne službe

Problem modela organizacije predstavlja izbor konfiguracije njene struktu-

re. Osnovu za projektovanje organizacije čine ciljevi i misija. Ciljevi i misija određuju granice organizacije u pogledu njenog okruženja i utiču na izbor tehnologije, kao i na izbor njene veličine. Ovi izbori zavise od strategije koja je, obično, najbliže povezana sa ciljevima i misijom. Relacije su urađene u skladu sa metodologijom koju su predložili Burton i Obel [6], a njihova grafička interpretacija prikazana je na slici 3.



Sl. 3 – Organizacioni kontekst [6]

U radu je primenjen višestruki kontingentni model koji je zasnovan na pretpostavci da organizaciona struktura zavisi od više dimenzija, odnosno da okruže-

nje, menadžment (rukovođenje), veličina i strategija imaju vrlo značajnu ulogu u izboru nove organizacione strukture.

#### *Komponenta 1: menadžment*

Različite organizacione strukture zahtevaju različita znanja i stavove i zbog toga utiču na željenu organizacionu strukturu, željeni tip menadžera i lidera, potrebna znanja i obrazovanje zaposlenih. Na osnovu teorijskih istraživanja, vezanih za kontingentnu teoriju organizacije, menadžment ima važnu ulogu u izboru organizacione strukture [4].

Menadžment, odnosno stil rukovođenja, ima značajan uticaj na efektivnost organizacione strukture. Utvrđivanje i ocenjivanje uticaja stila rukovođenja na izbor organizacione strukture organa upravljanja u saobraćajnoj službi vršice se, pre svega, sa stanovišta stepena zastupljenosti u obradi informacija i donošenja odluka, i u tom smislu su predloženi sledeći elementi: nivo detaljnosti u odlučivanju, aktivno ili pasivno odlučivanje, vremenski horizont na kojem se vrši odlučivanje, motivacija i kontrola.

Nivo detaljnosti u odlučivanju može biti: nizak, relativno nizak, formalno detaljan, vrlo detaljan, sa opštim uputstvima, visok, analitičan i visok. Odlučivanje u odnosu na ponašanje menadžera može biti aktivno ili pasivno. Vremenski horizont na kojem se odlučuje može se kreirati u rasponu od kratkog, uobičajeno kratkog, obično dugog, dugoročnog do vizionarskog. Redosled elemenata u okviru komponente menadžment urađen je na osnovu njihove specifične težine. Osnovna Satijeva skala može se koristiti za uspostavljanje relacija između ovih dimenzija i varijanti organizacije.

#### *Komponenta 2: veličina*

Veličina organizacije predstavlja važnu determinantu organizacione strukture. U teoriji organizacije ne postoji potpuna saglasnost o tome koja je jedinica mere najpogodnija za izražavanje veličine organizacije. Kao moguće u literaturi se navode: broj zaposlenih, broj organizacionih jedinica, imovina organizacije, veličina teritorije za koju su organizacije odgovorne i dr. Sa stanovišta obrade informacija merenje veličine odnosi se na broj zaposlenih u organizaciji. U ovom modelu, s obzirom na to da se radi o organizacionoj strukturi upravnih organa, pogodna mera veličine koja ispunjava teorijske, ali i praktične zahteve biće broj zaposlenih. Uticaj veličine na organizacionu strukturu izražen preko broja zaposlenih, u radu će biti prikazan preko tri elementa (kategorije veličine) dobijene istraživanjem: mala, srednja ili velika (tabela 2).

*Tabela 2  
Broj zaposlenih u odnosu na kategoriju organizacije*

Broj zaposlenih	Kategorija veličine
< 10	Mala
11–20	Srednja
>20	Velika

#### *Komponenta 3: okruženje*

Osnovni cilj u opisu komponente okruženja jeste definisanje pogodnih merljivih elemenata koji mogu biti od pomoći u projektu organizacije. U tom smislu organizaciona struktura u odnosu na okruženje može biti opisana i merena sa tri karakteristike: nepodudarnost (dvosmislenost), neizvesnost i kompleksnost [7].

Dvosmislenost podrazumeva postojanje konfuzije i nedostatak razumevanja,



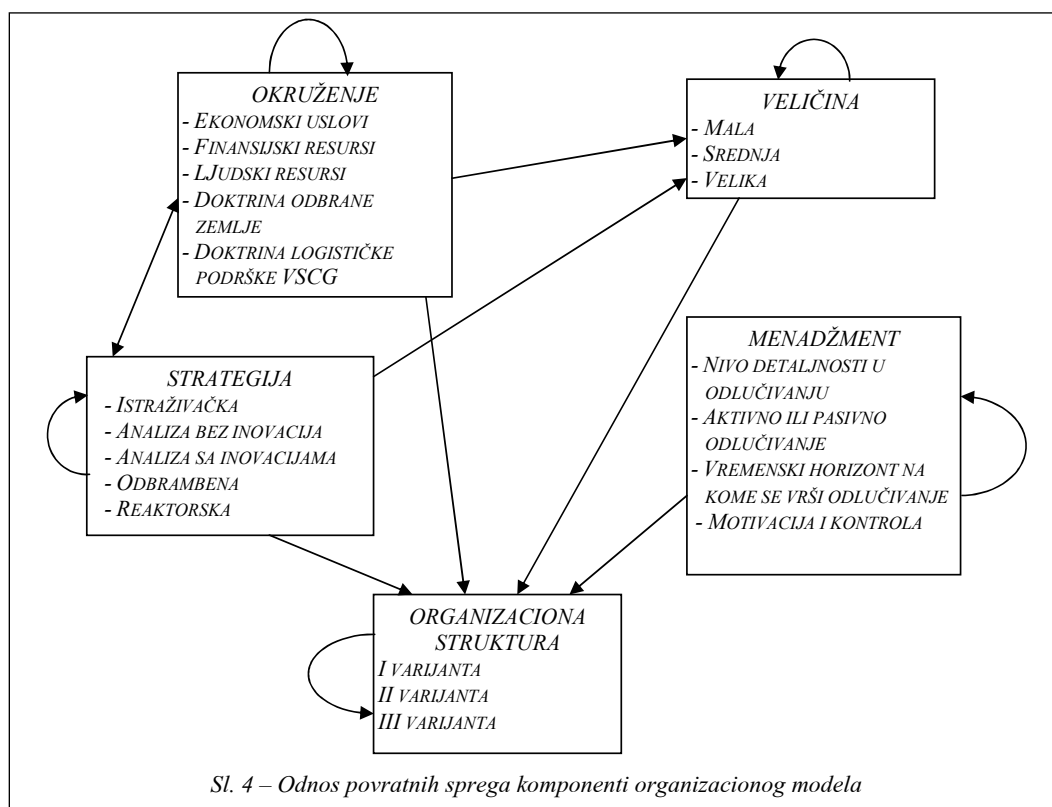
odnosno konfliktnih interpretacija. Neizvesnost označava nepoznavanje vrednosti promenljivih okruženja. Pojam neizvesnosti i dvosmislenosti je konceptijski veoma različit, mada nije uvek jednostavno prepoznati tu razliku. Kompleksnost okruženja odnosi se na broj promenljivih i njihovu međuzavisnost. Okruženje se matematički preciznije opisuje skupom promenljivih ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) i njihovim uticajem na organizaciju preko funkcije  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . Sa povećanjem  $n$  i ako su  $x_i$  međusobno nezavisni raste kompleksnost. Neizvesnost se povećava sa povećanjem varijanse promenljivih  $x_i$ . Dvosmislenost se, takođe, uvećava ako organizacija ne vodi računa o tome koje su važne promenljive u njenom okruženju. Za organizaciju je veoma važno da analizira izvore

dvosmislenosti, neizvesnosti i kompleksnosti, odnosno da uspostavi saglasnost između organizacije i okruženja. Sektor okruženja kroz koje treba sagledati prethodno navedene dimenzije su: ekonomski uslovi, finansijski resursi, ljudski resursi, konceptijsko-doktrinarne osnove odbrane zemlje i konceptijsko-doktrinarne osnove logističke podrške Vojske SCG.

Za svaku organizacionu varijantu neophodno je oceniti sve sektore u pogledu dimenzija okruženja. Kompletna analiza, načinjena kroz matricu zavisnosti na osnovu 15 ulaza, treba da obezbedi pravu sliku o sve tri dimenzije.

#### Komponenta 4: strategija

Saglasnost između strategije i organizacione strukture presudna je perfor-



Sl. 4 – Odnos povratnih spreiga komponenti organizacionog modela

mansa organizacije [8]. Osnovna premisa koja definiše ovu važnu determinantu projekta organizacije jeste da struktura prati strategiju. Kategorizacija strategije učinjena je prema onim tipovima koji su najčešće pominjani kao dominantni u teorijskim i praktičnim studijama. To su istraživačka, strategija analize bez inovacija, odnosno analize sa inovacijama, odbrambena i reaktorska.

Istraživačka strategija podrazumeva otvorenu, fleksibilnu organizaciju koja se brzo prilagođava, analizatorska se znatno sporije prilagođava, a odbrambena zahteva stabilnu organizaciju. U opštem slučaju informaciono-procesni zahtevi definišu pomeranje od istraživačke do odbrambene strategije. Istraživačka strategija insistira na velikom broju informacija kako bi se „snašla“ u nepoznatom okruženju i tehnologiji. Reaktorska strategija je karakteristična za organizaciju u kojoj se često uočavaju promene i neizvesnosti u njihovom organizacionom okruženju, ali nisu u stanju da na njih odgovore efektivno.

*Komponenta 5: organizacione varijante*

U skladu sa opisanim postupkom analitičkog mrežnog procesa definisane

su tri varijante organizacione strukture organa upravljanja u saobraćajnoj službi, koje su prikazane u literaturi [4]. Naredni korak u formiranju modela jeste određivanje mrežne strukture kojom se definišu međusobni odnosi komponenti organizacionog modela.

Na osnovu odnosa povratnih sprega neophodno je dalje formirati ocenu za određene matrice kako bi se dobio opšti redosled značaja svih alternativa. U projektovanju organizacione strukture, za datu strategiju, potrebno je opredeliti se koja od komponenti na cilj utiče više i koliko.

Na osnovu prikupljenih podataka [4] i sprovedene procedure koju propisuje analitički mrežni proces, primenom softvera SUPER DECISIONS nadena je granična vrednost otežane supermatrice na osnovu koje je dobijen sledeći rezultat: I varijanta – 0,1134, II varijanta – 0,4706, III varijanta – 0,4160. Otežana supermatrica dobijena je kao proizvod supermatrice (tabela 4) i matrice težinskih koeficijenata (tabela 3). Rešavani slučaj predstavlja jednostavnu supermatricu, a traženjem njene granične vrednosti pokazano je da je na osnovu vrednosti vektora koji se odnose na alternative, II varijanta prioritarna.

Tabela 3

Matrica težinskih koeficijenata

	Strategija	Veličina	Okruženje	Menadžment	Organizaciona struktura
Strategija	0,15	—	0,15	—	—
Veličina	0,25	0,40	0,15	—	—
Okruženje	0,40	—	0,20	—	—
Menadžment	—	—	—	0,40	—
Organizaciona struktura	0,10	0,60	0,50	0,60	1,00
Σ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabela 4

## Supermatrica

	Kriterijumi	Menadžment				Veličina			Okruženje					Strategija					Org. struktura			
		1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	
Menadžment	1. Nivo detaljnosti																					
	2. Aktivno ili pasivno odlučivanje																					
	3. Vremenski horizont odlučivanja																					
	4. Motivacija i kontrola																					
Veličina	1. Mala																					
	2. Srednja																					
	3. Velika																					
Okruženje	1. Ekonomski uslovi																					
	2. Finansijski resursi																					
	3. Ljudski resursi																					
	4. Doktrina odbrane zemlje																					
	5. Doktrina logistike VSCG																					
Strategija	1. Istraživačka																					
	2. Analiza bez inovacija																					
	3. Analiza sa inovacijama																					
	4. Odbrambena																					
	5. Reaktorska																					
Org. struktura	1. Postojeća organizacija																					
	2. Organizacija po funkcijama																					
	3. Organizacija po procesima																					

## Zaključak

U radu je na osnovu kontingentne teorije razvijen novi model za izbor najbolje varijante u projektovanju strukture organa upravljanja u saobraćajnoj službi. On počiva na situacionom pristupu, a njegova razrada urađena je kroz analitički mrežni proces.

Analitički mrežni proces je kompleksna višekriterijumska metoda za donošenje odluka koja zahteva veliki broj informacija, interakcija i povratne sprege sa visokim stepenom kompleksnosti, što daje najbolje rezultate. Uvođenjem međusobne zavisnosti kriterijuma, kao i zavisnosti kriterijuma od alternativa, oni znatno povećavaju stabilnost odabrane varijante organizacije koja se u datim uslovima može smatrati optimalnom.

Predloženi model izbora varijante strukture organa upravljanja u saobraćaj-

noj službi, uz određenu adaptaciju, može se primeniti u izboru modela strukture organa upravljanja i drugih logističkih službi i u vojsci uopšte. Očigledno je, dakle, da se organizaciono struktuiranje ne može prepustiti menadžerskoj improvizaciji.

## Literatura:

- [1] Vešović, V.: Organizacija saobraćajnih preduzeća, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2003.
- [2] Mučibabić, S., Cvijanović, J., Dulanović, Ž.: Teorijsko-metodološke osnove organizacije komandno-rukovodećih sistema, Vojno delo 6/2000, Beograd, 2000.
- [3] Jovanović, P. i dr.: Menadžment, FON, Beograd, 1996.
- [4] Đorović, B.: Istraživanje projektovanja organizacione strukture upravnih organa saobraćajne službe, doktorska disertacija, VA VSCG, Beograd, 2003.
- [5] Saaty, T. L.: Analytic network process – Decision making with dependence and feedback, RWS Publications, Pittsburgh, PA, 1996.
- [6] Burton, R. M., Obel, B.: Strategic organizational diagnosis and design, Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [7] Daff, Richard L.: Organization theory and design, St. Paul, MN, 1992.
- [8] Miller, D.: Strategy making and structure: Analysis and implications for performance, Academy of Management Journal, 1987.
- [9] \*\*\* [www.superdecisions.com](http://www.superdecisions.com)



**Mr Milovan Unković,**  
dipl. inž.  
Tehnički opitni centar KoV,  
Poligon Luštica-Radovići,  
Tivat

## FIBER-OPTIČKI ŽIROKOMPAS

UDC: 629.1.054 : [621.39 : 535.37]

### Rezime:

*U radu je opisan princip rada, konstrukcija i karakteristike brodskog žirokompasa. Prikazane su principijelne razlike u radu klasičnog i fiber-optičkog žirokompasa. Razmotrene su i karakteristike fiber-optičkog žirokompasa u skladu sa standardom ISO 8728 i izvršeno je poređenje sa karakteristikama klasičnih žirokompasa.*

*Ključne reči: žirokompas, fiber-optički žirokompas, Sanjakov efekat, karakteristike žirokompasa.*

---

### FIBER-OPTIC GYROCOMPASS

#### Summary:

*This work describes the operation principle, construction and characteristics of a ship fiber-optic gyrocompass. Main differences in the operation of the gyrocompass and a classical one are considered as well as the fiber-optic gyrocompass characteristics, given according to ISO 8728 standard and compared to the characteristics of their classical counterparts.*

*Key words: gyrocompass, fiber-optic gyrocompass, Sagnac effect, gyrocompass characteristics.*

---

### Uvod

Fiber-optički žirokompasi su elektronski žirokompasi bez rotirajućih mehaničkih komponenata. Osnovni princip rada ovih kompasu zasniva se na nepromjenljivosti brzine svjetlosti i Sanjakovom efektu. Fiber-optički kalem koristi se kao vrlo osjetljivi senzor koji mjeri brzinu okretanja Zemlje. Za određivanje pravca sjevera koriste se tri fiber-optička kalema (žiroskopa) i dva elektronska senzora nivoa. Signali sa žiroskopa u kombinaciji sa signalima senzora nivoa, uz korištenje složenih Kalmanovih filtera, određuju smjer rotacije Zemlje. Iz ovog podatka nalazi se geografski sjever, a odatle se računa kurs broda, uglovi ljulja-

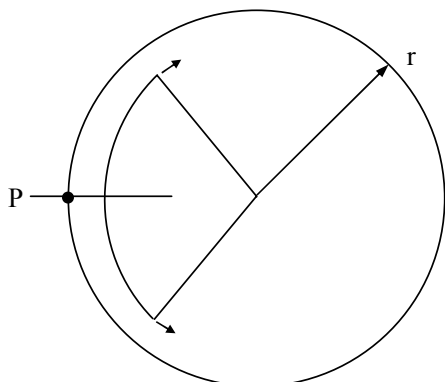
nja i posrtanja, kao i brzine okretanja oko sve tri ose. Fiber-optički žirokompas se, takođe, koristi kao senzor za stabilizaciju ne samo trgovačkih brodova već i hidroglisera i katamarana. Vrlo visoka dinamička tačnost i odsustvo greške brzine bitno poboljšavaju sigurnost plovidbe svih brodova, posebno pri velikim brzinama na visokim geografskim širinama u toku manevara.

Sve ovo daje mogućnost da se fiber-optički žirokompas prvenstveno može koristiti kod ratnih brodova za potrebe navigacije i stabilizacije. Nije naodmet napomenuti da je firma C.PLATH, kao prvi proizvođač fiber-optičkih žirokompasa, 1997. godine dobila godišnju nagradu za inovaciju u pomorstvu.

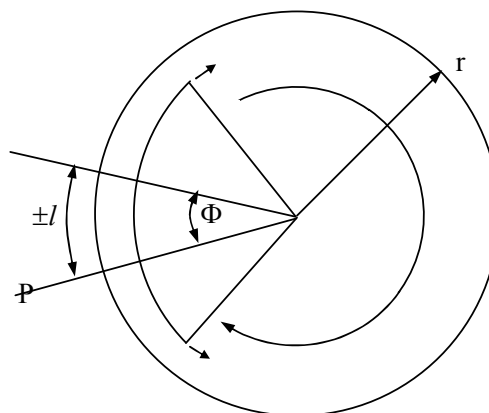
## Princip rada – Sanjakov efekat

Dok je princip rada mehaničkog žirokompasa baziran na momentu inercije brzog rotirajućeg diska, fiber-optički žirokompas koristi Sanjakov (Sagnac) efekat [1], otkriven 1913. godine. On se može objasniti na sljedeći način: u kružni put svjetlosti poluprečnika  $r$  svjetlosni talas ulazi u tački  $P$  (slika 1). Ovdje se svjetlosni talas dijeli u dva talasa koji se kreću u suprotnim smjerovima kroz prsten: jedan u smjeru kazaljke na satu (clockwise – cw), a drugi suprotno (counterclockwise – ccw). Kako se smatra da je put svjetlosti idealan, on je prema tome isti za oba svjetlosna talasa koji se kreću u različitim smjerovima kroz prsten. U skladu s tim, oba talasa svjetlosti će se istovremeno vratiti u početnu tačku  $P$ . U ovoj tački će se talasi spojiti i napustiti prsten. Vrijeme prolaska svakog od talasa kroz prsten može se mjeriti vrlo osjetljivim detektorom.

Što se događa kada put svjetlosti (odnosno prsten) rotira dok se svjetlosni talas kreće kroz prsten? Pretpostavimo da put svjetlosti rotira u smjeru kazaljke na satu. Tačka ulaza i izlaza  $P$  će se kretati u



Sl. 1 – Put svjetlosti kroz nepokretni prsten



Sl. 2 – Put svjetlosti kroz krug koji rotira ugaonom brzinom  $\Omega$

smjeru svjetlosnog talasa koji se kreće suprotno od kazaljke na satu, odnosno u suprotnom smjeru od talasa koji se kreće u smjeru kazaljke na satu. Jedan talas će se kretati dužim putem da bi došao u tačku  $P$ , dok će drugi talas prevaliti manji put. Put svjetlosti (prsten) poluprečnika  $r$  ima obim  $L = 2\pi r$ . Vrijeme za koje se pređe ovaj put  $L$  iznosi:

$$T = L/c = \frac{2\pi r}{c} \quad (1)$$

gdje je  $c$  – brzina svjetlosti.

U toku vremena  $T$  put svjetlosti rotira ugaonom brzinom  $\Omega$  za ugao  $\Phi = \Omega T$ . Skraćivanje jednog puta svjetlosti za  $l = r\Phi$  može se napisati kao:

$$L_- = L - l \quad (2)$$

Povećanje drugog puta svjetlosti je:

$$L_+ = L + l \quad (3)$$

Ukupna razlika u putu svjetlosti je:

$$\Delta L = L_+ - L_- = 2 \cdot l = 2r\Phi = 2r\Omega T = \frac{2\Omega r L}{c} \quad (4)$$

Ako se ova razlika podijeli sa talasnom dužinom svjetlosnog talasa, dobija se razlika u jedinicama talasne dužine. Smatrajući da je talasna dužina  $\lambda$  ekvivalentna faznom uglu od  $2\pi$ , razlika puta se može izraziti kao fazni pomjeraj između dva svjetlosna talasa:

$$\Phi_s = 2\pi\Delta L/\lambda \quad (5)$$

Ovaj fazni pomjeraj zove se Sanjakova faza. To znači da rotacija dva svjetlosna talasa, koji se kreću u suprotnim smjerovima, daje fazni pomjeraj. Ako se izraz (4) uvrsti u izraz (5), dobija se relacija (6) koja daje vezu između Sanjakove faze i ugaone brzine rotiranja faze svjetlosti:

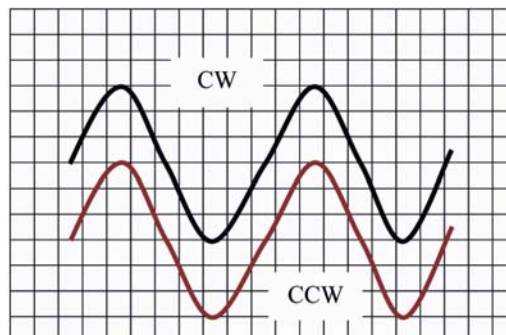
$$\Phi_s = \frac{4\pi r L}{\lambda c} \Omega \quad (6)$$

Konstantni faktor ispred  $\Omega$  predstavlja faktor skaliranja. On određuje sa kojom osjetljivošću interferometar pretvara ugaonu brzinu u fazni pomjeraj. Jednakost, takođe, pokazuje da osjetljivost zavisi od geometrijskih osobina fiberskog kalema. Osjetljivost raste sa povećavanjem prečnika kalema i povećanjem dužine optičkog fibera.

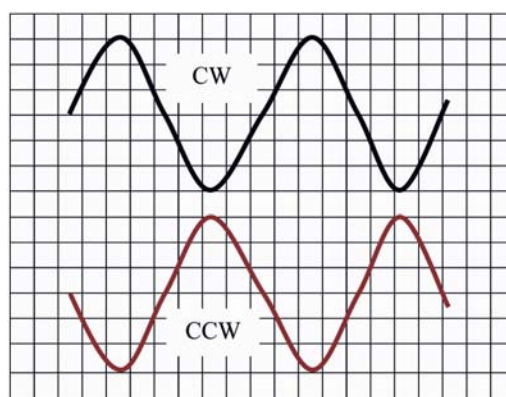
Sanjakov interferometar, kako je upravo opisan, ima kosinusnu prenosnu funkciju [2]. To znači da se u slučaju nulte faze razlike između signala cw i ccw, signali sabiraju i javlja se maksimalni intenzitet  $I_{max}$  (slika 3). Kada je fazna razlika između signala cw i ccw  $\pi$ , jačina superponiranog signala je minimalna – u idealnom slučaju jednaka je nuli (slika 4).

Kosinusna prenosna funkcija interferometra može se predstaviti izrazom:

$$i = f(\Phi_s) = (I_{max}/2) [1 + \cos(\Phi_s)] \quad (7)$$



Sl. 3 – Slučaj kada je fazna razlika nula – pojačanje

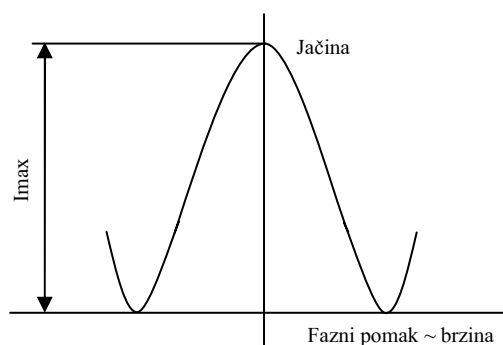


Sl. 4 – Slučaj kada postoji fazna razlika  $\pi$  – prigušenje

(6)

Simetrična kosinusna prenosna funkcija ima dva nedostatka (slika 5):

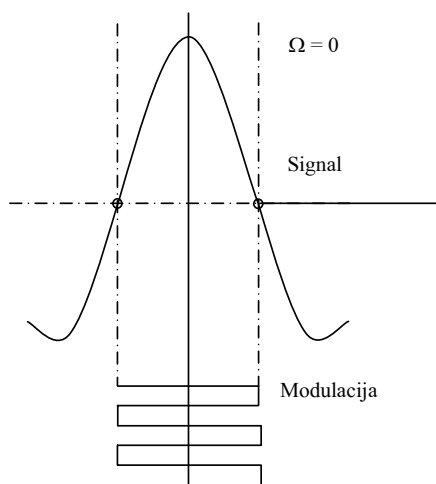
– osjetljivost oko nultog položaja (stanja mirovanja) vrlo je mala zbog horizontalnog nagiba tangente;



Sl. 5 – Simetrična kosinusna prenosna funkcija

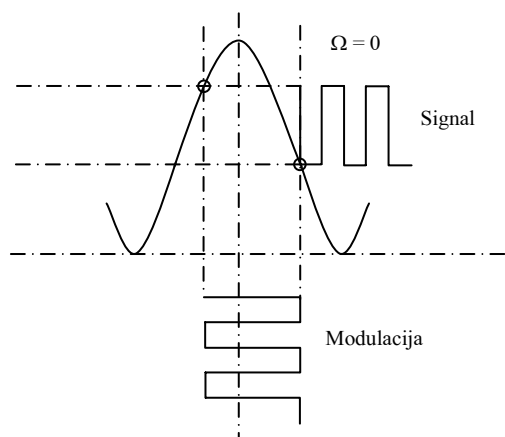
– bilo koja ulazna rotacija vodi ka smanjenju intenziteta  $I$ , a ne može se odrediti ni smjer rotacije.

Da bi se ovi nedostaci izbjegli, u interferometar se uvodi fazni pomjerač koji daje fazni pomak od  $+\pi/2$  ili  $-\pi/2$ . Ovaj vještački uvedeni fazni pomak pomjera radnu tačku na prenosnoj funkciji u njen linearni dio. Istovremeno se vrši i modulacija signalom čija je frekvencija ekvivalentna vremenu puta svjetlosnog talasa. Time se postiže dodatna DC stabilnost. Na slikama 6 i 7 prikazani su izlazni signali iz interferometra u slučaju kada nema rotacije i u slučaju kada ona postoji.



Sl. 6 – Modulacija kada nema rotacije

Mjerenjem amplitude signala uz primjenu sinhronne demodulacije određuje se brzina rotacije. Razmjestaj sa fazno osjetljivim ispravljačem (usmjeračem) daje signal čija je amplituda proporcionalna ugaonoj brzini. Za postizanje visoke linearnosti i ostvarivanje mjerenog opsega, koji može obrađivati fazni ugao  $\Phi \geq \pi$ , koristi se metod zatvorene petlje. Na fazni modulator dodaje se kompenza-



Sl. 7 – Modulacija kada postoji rotacija

cioni signal koji ima istu vrijednost, ali suprotan znak od Sanjakove faze. Sa idealnom kompenzacijom detektor mjeri nultu vrijednost amplitude. Kompenzacioni napon je direktno proporcionalan Sanjakovoj fazi.

Direktno računanje brzine rotacije iz amplitude modulisanog izlaznog signala ostvaruje se tehnikom otvorene petlje. Kosinusna prenosna funkcija uslovljava nelinearnost faktora skaliranja i ograničava izlaznu brzinu na prvi član periodične funkcije. Ako se izračunata brzina rotacije doda signalu faznog modulatora sa negativnim podznakom, doći će do kompenzacije Sanjakove faze. AC amplituda izlaznog signala se kontrolisano približava nuli. Ovaj metod kompenzacije zove se tehnika zatvorene petlje, a njena prednost je postizanje visoke linearnosti faktora skaliranja i mogućnost korišćenja neograničene ulazne brzine. Pomjerač faze je u interferometru postavljen asimetrično u fiberskoj petlji. U prenosnu funkciju (7) dodaju se dva člana:

$$i = f(\Phi_s) = (I_{max}/2) [1 + \cos(\Phi_s + \Phi(t) - \Phi(t + \tau))] \quad (8)$$



gdje je:

$\Phi(t)$  – fazni pomak ccw talasa prije ulaska u petlju,

$\Phi(t + \tau)$  – fazni pomak cw talasa nakon prolaska kroz petlju za vrijeme  $\tau$ .

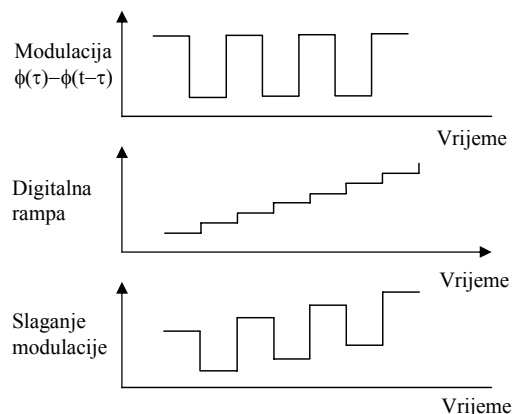
U tehnici zatvorene petlje argument u prenosnoj kosinusnoj funkciji je konstantan:

$$\Phi_s + \Phi(t) - \Phi(t + \tau) = const \quad (9)$$

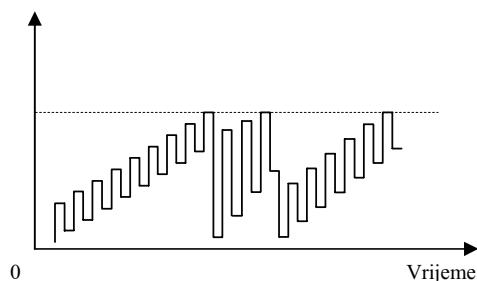
$$\Phi(t) - \Phi(t + \tau) = const - \Phi_s \quad (10)$$

Da bi se razlika faza na lijevoj strani jednakosti (10) držala konstantnom u vremenu potrebno ju je povećavati za iznos  $(const - \Phi_s)$  svakih  $\tau$  sekundi (slika 8).

S obzirom na to da je period kosinusne funkcije  $2\pi$ , digitalna rampa se resetuje ako vrijednost pređe  $2\pi$  (slika 9).



Sl. 8 – Rampa digitalne faze



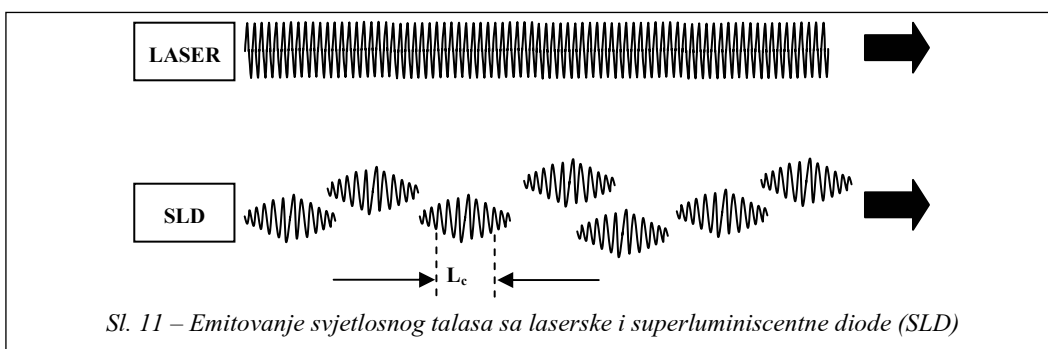
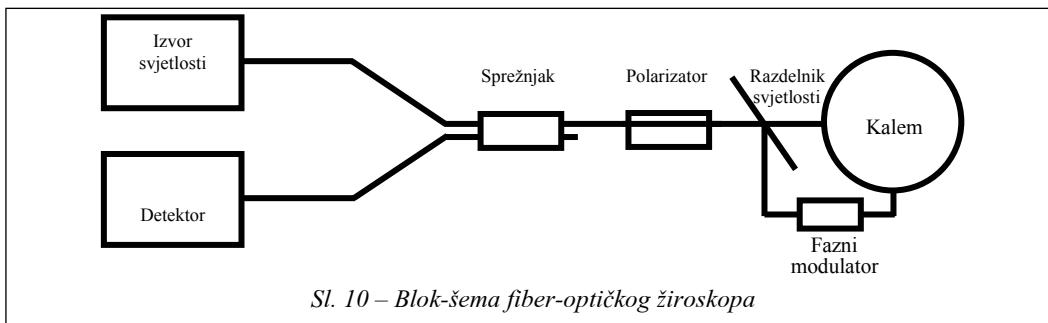
Sl. 9 – Resetovanje rampe digitalne faze

## Fiber-optički žiroskop

U daljnjem tekstu biće opisane komponente fiber-optičkog žiroskopa, odnosno Sanjakovog interferometra, i njegove osnovne funkcije [4, 5] (slika 10).

Kao *izvor svjetlosti* koristi se superluminiscentna dioda (SLD) koja predstavlja modifikovanu formu poluprovodničkog lasera. Za razliku od lasera, SLD ne posjeduje optički rezonator. Tipične osobine SLD su: talasna dužina od 830 nm, koherentna dužina 50  $\mu\text{m}$  i intenzitet 100 do 1000  $\mu\text{W}$ . Emitovanje svjetlosnog talasa sa laserske i SLD diode prikazano je na slici 11.

Idealni kružni put svjetlosti je, u stvari, kalem *optičkog fibera*. Središte i košuljica (plašt) optičkog fibera najvećim se dijelom izrađuju od kvarnog stakla, koje je okruženo plastičnim omotačem. Karakteristike provođenja svjetlosti bazirane su na potpunoj refleksiji svjetlosti od materijala koji mijenjaju upadne uglove. Da bi se obezbijedilo da svjetlosni put ima istu dužinu u oba smjera, koriste se takozvani monomodni ili jednododni fiberi. Prečnik središnjeg dijela optičkog fibera je unutar opsega talasne dužine laserske svjetlosti. Da bi se održali isti putevi svjetlosti, optički fiber mora biti polarizaciono-održavajućeg tipa, ili alternativno svi efekti interferencije moraju biti poništeni dvostrukim prelamanjem. To se postiže potpunom depolarizacijom svjetlosti na jednom kraju puta, što je i glavni razvojni korak u proizvodnji fiber-optičkog žirokompasa. Standardne dimenzije monomodnog fibera su: prečnik središta 4 do 6  $\mu\text{m}$ , prečnik košuljice 80 do 125  $\mu\text{m}$ , prečnik omotača 65 do 250  $\mu\text{m}$ .

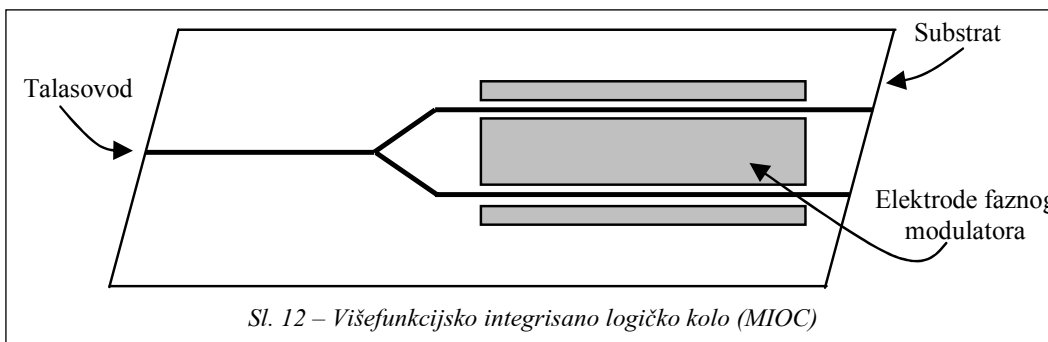


Osjetljivost interferometra raste sa povećanjem dužine fibera i prečnika *fiberskog kalema*. Za primjenu kod žirokompasa optički fiber dužine 500 m namotan je na kalem prečnika 8 cm.

Razdjelnik svjetlosnog snopa je integrisana optička komponenta. Monomodni talasovod je integrisan u litijum-niobatnom kristalu ( $\text{LiNbO}_3$ ) sa izvedbom na supstratu Y oblika (slika 12). Integrisano kolo ima ulaz i dva izlaza. Proizvodni proces nastajanja komponente naziva se „izmjena kaljenih protona“.

Razdjelnik snopa svjetlosti djeluje i kao polarizator, jer se talasovod proizveden izmjenom protona može polarisati samo u jednom smjeru.

Treća funkcija ovog kompleksnog integrisanog kola, pored funkcija razdjelnika snopa svjetlosti i polarizatora, je funkcija faznog modulatora. Pri tome se koriste elektrooptičke karakteristike  $\text{LiNbO}_3$  kristala, gdje se indeks prelamanja može mijenjati uticajem električnog polja. Na talasovod integrisane komponente priključene su elektrode (10 mm dužine na intervalima



10 do 20  $\mu\text{m}$ ). Niskim naponom postiže se fazni pomjeraj od  $2\pi$ .

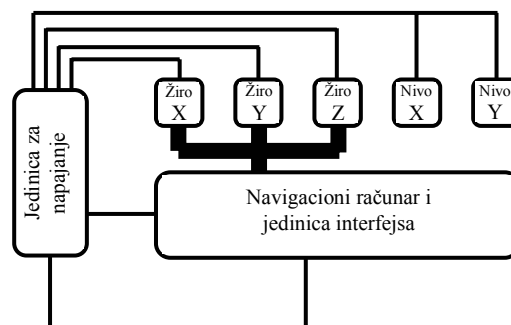
Svjetlost koja se vraća sa interferometra spregnuta je između izvora svjetlosti i razdjelnika i dolazi na detektor koji je osjetljiv na svjetlost. Sprežnjak sadrži dva fibera spojena zajedno, tako da polovina svjetlosti prelazi sa jednog na drugi fiber.

Svjetlost, dobijena preko spreznjaka, pretvara se u električnu struju pomoću poluprovodničke diode osjetljive na svjetlost (fotodetektor) i koristi se u funkciji zatvorene petlje. Električni signal sa fotodetektora pretpojačava se i pretvara u digitalni signal u analogno-digitalnom pretvaraču. Ova „informacija“ može se obrađivati u digitalnom računaru (digitalno procesiranje). U operaciji zatvorene petlje, obrada signala se izvodi za isti period vremena za koji se zahtijeva da putuje svjetlost kroz fiberski kalem. Za fiberski kalem dužine 500 m, ovaj period je manji od 2  $\mu\text{s}$ , a unutar tog perioda procesor signala mora izvršiti sve zahtijevane radnje.

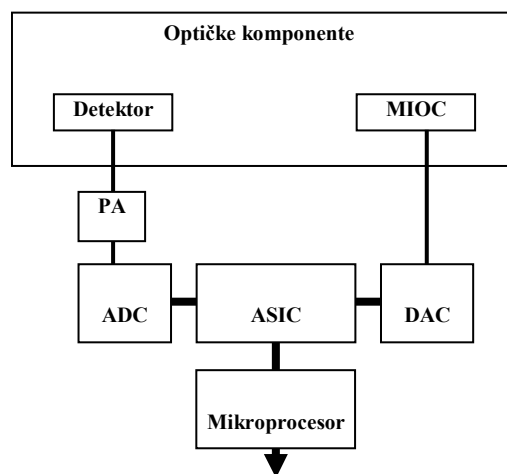
### Kompletni sistem

Inercijalna mjerna jedinica sastoji se od tri fiber-optička žiroskopa, osjetljiva na promjenu kursa, posrtanje i ljuljanje broda i dva senzora (detektora) nivoa. Uz inercijalnu mjernu jedinicu sistem sadrži: jedinicu za upravljanje i prikazivanje na displeju, interfejs i jedinicu napajanja. Arhitektura inercijalnog sistema prikazana je na slici 13, a kompletna elektronika fiber-optičkog žirokompasa na slici 14.

Analogni i digitalni pokazivači (ponavlači) i drugi periferni uređaji napaja-



Sl. 13 – Arhitektura inercijalnog sistema



Sl. 14 – Elektronika fiber-optičkog žirokompasa: PA – pretpojačavač, ADC – analogno-digitalni pretvarač, DAC – digitalno-analogni pretvarač, ASIC – integrirano kolo specijalne namene, MIOC – višefunkcionalno integrirano optičko kolo

ju se izlaznim podacima preko serijskog interfejsa. Sistemu je moguće dodati i drugi žirokompas – prenosni magnetni kompas (magnetska vrata).

### Poređenje rada klasičnog i fiber-optičkog žirokompasa

Da bi se rad fiber-optičkog žirokompasa bolje razumeo korisno je izvršiti poređenje njegovog funkcionisanja sa radom konvencionalnih žirokompasa.

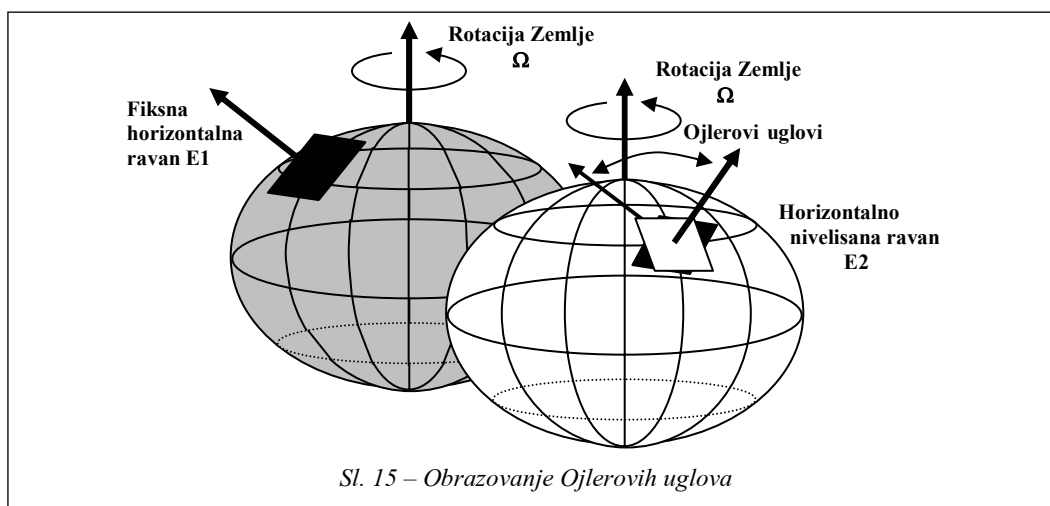
Žirokompasi za svoj rad koriste dva prirodna fenomena: rotaciju i gravitaciju Zemlje, a ponašaju se u skladu sa dva zakona klasične mehanike: zakonom inercije i zakonom precesije. Osnovni princip na kojem se zasniva rad svih nemagnetnih kompas je realizacija ravni koja se stalno pozicionira u prostoru. Princip traženja sjevera ostvaruje se izdvajanjem signala koji se generišu kao posljedica rotacije Zemlje. Oni se koriste da ravan postave u horizontalan položaj, a referentnu osu (liniju) koja leži u toj ravni, i fiksno je podešena u početnom položaju, dovedu u pravac geografskog sjevera.

#### *Prostorno orjentisana ravan*

U klasičnom slučaju žirokugle, glavne ose dva žiroskopa, postavljene su pod određenim uglom jedna u odnosu na drugu (na primjer  $90^\circ$ ). Ove ose formiraju ravan koja se stalno pozicionira u prostoru. Ugao između ove ravni i ravni koja je fiksno vezana za brod nije potpuno poznat. Na ovu fizički definisanu ravan dodaju se određene mehaničke komponente (na primjer referentno klatno, viskozni indikator

nivoa ili akcelerometar). Kod konvencionalnih žirokompasa sa žirokuglom referentno klatno se realizuje tako što se centar gravitacije (težište) osjetljivog elementa spušta vertikalno u odnosu na tačku vješanja (geometrijski centar). Na taj način žirosfera postaje osjetljiva na ubrzanje i nagib (posljedice rotacije Zemlje), pa se automatski generiše obrtni moment oko horizontalne ose, što izaziva precesiju.

Kod fiber-optičkog žirokompasa prostorno orijentisana ravan nije definisana mehanički. Jedina ravan koja realno postoji je ravan fiksirana za brod na kojoj je žirokompas montiran. Na osnovu ugaonih brzina ravni koja je kruto vezana za brod oko sve tri ose (x, y i z) i pripadajućih uglova rotacije, kreira se virtuelna ravan čiji se položaj u odnosu na početni memoriše u procesnom računaru u obliku direkcionalne kosinusne matrice. Ova virtuelna ravan ne postoji u prostoru u bilo kakvoj mehaničkoj formi. Poznati su i stalno prisutni samo Ojlerovi uglovi oko kojih se okreće ravan vezana za brod, a preko ovih uglova kreira se i definiše virtuelna ravan, koja ne može sadržati bilo kakve dodatne mehaničke elemente (slika 15).



Sl. 15 – Obrazovanje Ojlerovih uglova

### *Horizontalno nivelisanje*

Vertikalno premještanje centra gravitacije žirosfere uzrokuje nastanak efekta klatna. Ovakav način funkcionisanja osigurava da žirosfera, odnosno početna definisana prostorno orijentisana ravan, dolazi u horizontalan položaj kada centar gravitacije osjetljivog elementa leži direktno ispod tačke vješanja (na liniji koja spaja tačku vješanja i centar Zemlje). Zbog mehaničke konstrukcije klasičnog žirokompasa, proces horizontalnog nivelisanja orijentisane ravni nije jednostavan, a za potpunije objašnjenje koristi se komplikovani matematički aparat klasične mehanike.

Da bi se osigurala funkcija traženja sjevera, početna prostorno orijentisana ravan fiber-optičkog žirokompasa takođe mora biti horizontalno nivelisana. To nije direktno ostvarljivo, jer senzori nivoa horizonta ne mogu biti pričvršćeni za ovu virtuelnu ravan. Međutim, signali koji dolaze od senzora nivoa pričvršćenih za brod poznati su i jednaki su nuli kada je ravan vezana za brod horizontalna. Uz pomoć Ojlerovih uglova ovi signali mogu se matematički transformisati u virtuelnu prostorno orijentisanu ravan. Rezultati su isti kao kada bi se signali mjerili direktno. Uz pomoć ovako transformisanih signala mijenjaju se Ojlerovi uglovi, što uslovljava kreiranje virtuelne horizontalno nivelisane i prostorno orijentisane ravni.

### *Funkcija traženja sjevera*

Kod klasičnog žirokompasa ravan rotacije glavne ose prostorno je orijentisana i okreće se u odnosu na Zemlju. Sje-

verna strana žirosfere podizaće se ili spuštati ukoliko glavna osa sistema nema pravac geografskog sjevera. To uslovljava generisanje obrtnog momenta, što je direktna posljedica vertikalnog pomjeranja težišta. Pomjeranje težišta uslovljava pojavu precesije koja glavnu osu žiroškopa pomjera prema geografskom sjeveru. Ako se ostvari tačno proračunato prigušenje, navedeni proces će se smiriti kada se glavna osa poklopi sa sjeverom i horizontalnom ravni.

Kod fiber-optičkog žirokompasa inicijalna prostorno orijentisana ravan takođe se kreće u odnosu na Zemlju. Međutim, ovdje se ne radi o mehaničkom kretanju, već je izražena promjena Ojlerovih uglova u direkcionalnoj kosinusnoj matrici. Osa pravca sjevera u prostorno orijentisanoj ravni podiže se ili spušta toliko dugo dok se ne poklopi sa sjeverom. Kretanje koje prouzrokuje spuštanje i podizanje ravni registruje se preko transformisanih signala nivoa horizonta. Rezultantno odstupanje od horizontalnog položaja koristi se za promjenu Ojlerovih uglova, što dovodi do poravnavanja virtuelne prostorno orijentisane ravni sa sjeverom.

### *Izlazni signali*

Kod konvencionalnog žirokompasa, nakon procesa smirivanja, može se mjeriti ugao između longitudinalne ose broda i geografskog sjevera. Ovaj ugao predstavlja kurs broda. Moguće je, takođe, mjeriti i uglove koji se odnose na horizontalnu ravan (ljuljanje, posrtanje), ali to u praksi nije slučaj. Svi navedeni uglovi su između mehaničkih realnih elemenata.

Kod fiber-optičkog žiromkompasa pomenute procedure horizontalnog nivelisanja i traženja sjevera odvijaju se neprekidno i daju izlazne signale u formi Ojlerovih uglova. To nisu neposredno izmjereni uglovi, već matematički dobijeni uglovi koji su izvedeni na osnovu rotacije Zemlje. To su uglovi između ravni vezane za brod i matematički dobijene virtualne ravni koja je horizontalno nivelisana, a orijentisana prema sjeveru. Iz ove informacije proračunavaju se uglovi koje brod (odnosno ravan vezana za njega) zaklapa sa horizontom (ljuljanje, posrtanje) i geografskim sjeverom (kurs).

### Karakteristike fiber-optičkih žiromkompasa u skladu sa ISO 8728

Međunarodnim standardom ISO 8728 [5] propisane su minimalne vrijednosti karakteristika koje moraju zadovo-

ljiti svi žiromkompasi. U tabeli su prikazane vrijednosti definisane navedenim standardom, a zatim redom odgovarajuće karakteristike fiber-optičkog žiromkompasa SR 2100-Plath [6] i najmodernijih klasičnih žiromkompasa STANDARD 20 – ANCHUTZ i MERIDIAN-Brown [7].

Savremeni konvencionalni žiromkompasi imaju manju dinamičku grešku pri određivanju kursa, ali je fiber-optički žiromkompas daleko superiorniji po pitanju vremena smirivanja, što ga čini vrlo konkurentnim za primjenu kod ratnih brodova.

Fiber-optički žiromkompas SR 2100 sastoji se od tri fizički odvojena dijela: senzorske jedinice, jedinice interfejsa i napajanja i jedinice za upravljanje i prikazivanje na displeju. Dimenzije jedinica su: 292 × 340 × 170 mm, 524 × 341 × 123 mm i 288 × 96 × 55 mm, a mase 11,5 kg, 15 kg i 0,7 kg, respektivno. Ukupna potrošnja (startovanje i normalan rad) žiro-

Karakteristike fiber-optičkih žiromkompasa u skladu sa ISO 8728

Karakteristika	ISO 8728	SR 2100	STANDARD 20	MERIDIAN
Vreme smirivanja	<6 h	≤30 min	3 h	45 min
Kurs u tački smirivanja	±0,75° x secφ	±0,7° x secφ	±0,1° x secφ	±0,25° x secφ
Razlika proizvoljnog izmerenog kursa u tački smirivanja i srednje vrednosti kursa u tački smirivanja	±0,25° x secφ	/	/	/
Ponovljivost kursa od jednog do drugog uključanja	±0,25° x secφ	/	/	±0,25° x sec φ
Vreme smirivanja u radnim uslovima: – ljuljanje-posrtanje predstavlja prosto harmonijsko kretanje sa periodom (6–15) s, maksimalnim uglom od 5° i sa maksimalnim horizontalnim ubrzanjem od 0,22 m/s <sup>2</sup>	<6 h	≤30 min	3 h	45 min
Kurs u tački smirivanja pod opštim uslovima	±1° x sec φ	±0,7° x secφ	±0,4° x secφ	±0,6° 0 x secφ
Kurs nakon korekcije pri brzini od 20 čvorova	±0,25° sec φ	/	/	/
Kurs pri promeni brzine od 20 čvorova	±2°	/	/	/
Kurs nakon promene kursa od 180° pri brzini od 20 čvorova	±3°	/	/	/
Kurs na Scorsby stolu pri uticaju posrtanja, ljuljanja i kretanja predstavljenih prostim harmonijskim kretanjem sa periodom (6–18) s, maksimalnim uglovima od 20°, 10° i 50° i pri maksimalnom horizontalnom ubrzanju od 1 m/s <sup>2</sup>	±1° x sec φ	±0,7° x secφ	±0,4° x secφ	±0,6° 0 x secφ

φ – geografska širina,  
sec φ = 1/cos φ

kompassa je 45 W (DC). Napajanje je 115/230 VAC 50/60 Hz ili 24 VDC (18 V do 36 V). Moguće je priključiti 12 analognih ponavljača, a na raspolaganju su dvije NMEA 1083 linije, dvije RS 422 linije, jedna linija NMEA 0183 FAST, jedna linija RS 422 SUPER FAST, dva izlaza 6 korak/stepen, tri brzinska analognog signala  $\pm 10$  V, jedan brzinski analogni signal 4 do 20 mA i jedna dvo-smjerna linija HDLC.

Ako se navedene karakteristike uporede sa klasičnim žirokompasom SPE-RRY MK 37 VT, koji predstavlja industrijski standard, stanje je sljedeće:

MK 37 VT se sastoji od tri fizičke jedinice: osnovne jedinice, jedinice elektronike i uređaja za prikazivanje na displeju. Dimenzije jedinica su:  $368 \times 325 \times 443$  mm,  $528 \times 510 \times 258$  mm i  $288 \times 144 \times 42$  mm, a mase 38 kg, 13 kg i 1,2 kg, respektivno. Napajanje žirokompasa je 115/230 VAC  $\pm 10\%$  i 47 do 64 Hz. Potrošnja iznosi 24 VDC @ 8 A. Izlazni signali su standardizovani i u saglasnosti su sa ISO 8728. Ukupna masa SR 2100 je 27,2 kg prema 52,2 kg mase MK 37. Potrošnja SR 2100 je 45 W prema 192 W potrošnje MK 37.

## Zaključak

Novi fiber-optički žirokompas NAVIGAT 2100 prvi je potpuno elektronski „solid-state“ pomorski žirokompas sa visokom dinamičkom tačnošću i vrlo kratkim vremenom smirivanja. Namjenjen je za integrisane komandne mostove i vrlo brze brodove. Uređaj je vrlo pouzdan i sa malom mogućnošću da dođe do neispravnosti, jer ne posjeduje rotacione mehaničke elemente.

NAVIGAT 2100 daje podatke o kursu, uglu valjanja i posrtanja, i informaciju o brzini obrtanja oko sve tri ose. Ove karakteristike mu osiguravaju sigurnu primjenu kod ratnih brodova.

### Literatura:

- [1] Hallbauer, Hans-Diter: The First Fiber-Optic Gyrocompass, Plath Publication, Hamburg, 1998.
- [2] Buschelberger, H. J.: The Fiber Optical Gyroscope, Plath Publication, Hamburg, 1997.
- [3] Agilent Technologies: Lightwave Test and Measurement Catalog, Publ. No. 5980-8000E, USA, 2001.
- [4] Gonda, S.; Seko, D.: Optoelektronika v voprosah i otvetah, Prevod sa japanskog na ruski jezik, Energoizdat, Lenjingrad, 1989.
- [5] ISO 8728: Ships and marine technology – Marine gyrocompasses, Geneve, 1997.
- [6] Kataloški podaci firme C.Plath za fiberoptički žirokompas SR (NAVIGAT) 2100, Hamburg, 1998.
- [7] Unković, M.: Standardizacija metroloških karakteristika brodskih navigacionih žirokompasa, Kongres metrologa Jugoslavije, Zbornik radova na CD, Novi Sad, 2000.





**Dragiša Jaćimović,**  
kapetan I klase, dipl. inž.  
**Zoran Despotović,**  
dipl. inž.  
Tehnički remontni zavod,  
Čačak

## TEHNOLOGIJA I PROCEDURA UNIŠTAVANJA NAORUŽANJA MALOG KALIBRA

UDC: 623.442/.443 : 351.753.7

### Rezime:

*U radu su predstavljene standardne tehnologije i procedure koje se primenjuju pri uništavanju naoružanja malog kalibra u Tehničkom remontnom zavodu Čačak. One obuhvataju proces prijema i identifikacije, postupke demontaže i plastične deformacije na hidropneumatskim presama i gasnog sečenja cevi većih kalibara, kao i primenjene načine označavanja i skladištenja svih vrsta nastale furde-otpada. Ova metoda uništavanja naoružanja prošla je strogu međunarodnu verifikaciju i u konkurenciji sa drugim predloženim metodama prihvaćena je kao najbolje rešenje za date uslove i zahteve. Takođe, prikazane su i posebne mere zaštite na radu koje je zahtevao naručilac radova, a primenjene su u toku procesa uništavanja naoružanja.*

*Ključne reči: uništavanje naoružanja, plastična deformacija, hidropneumatska presa, gasno sečenje, otpadni materijal, zaštita na radu.*

---

## TECHNOLOGIES AND PROCEDURES APPLIED IN DESTROYING SMALL ARMS

### Summary:

*This work is a presentation of standard technologies and procedures used in a process of small arms destruction in the Technical Repair Bureau Čačak. They include item reception and identification, dismantling and plastic deformation on a hydro-pneumatic press and gas cutting of large-caliber tubes well as marking and warehousing waste materials of all kinds. This method of weapon destruction has passed several international verification controls and in comparison with other suggested methods, it has been accepted as the best solution for particular conditions and requirements. Some special protective measures in the process of weapon destruction, applied at customer's requests, have been presented as well.*

*Key words: weapon destruction, plastic deformation, hydro-pneumatic press, gas cutting, waste material, protection at work.*

---

### Uvod

U periodu od 2001. do 2004. godine u Tehničkom remontnom zavodu u Čačku, u okviru realizacije ugovora Ministarstva odbrane SCG sa međunarodnim organizacijama za kontrolu naoružanja i ambasadama zapadnih zemalja, u više navrata vršeno je uništavanje malog i lakog naoružanja, zaključno sa kalibrom

82 mm. Ove akcije su se odvijale sukcesivno i obuhvatale su uništavanje uglavnom zastarelog, neperspektivnog i suvišnog naoružanja. Metode uništavanja koje se sprovode u TRZ Čačak prošle su strogu međunarodnu verifikaciju i u konkurenciji sličnih metoda pokazale se kao najlakše kontrolisane u svim fazama procesa i najrentabilnije sa stanovišta troškova rada i materijala.

Pored sprovođenja propisanih tehnologija i dogovorenih metoda uništavanja naoružanja, inostrani predstavnici koji su nadzirali uništavanje posebno su insistirali na strogoj primeni mera zaštite na radu. To se posebno odnosi na rad na hidropneumatskim presama pri izvođenju plastičnih deformacija pojedinih sklopova naoružanja. U skladu s tim zahtevom vršeno je projektovanje i ugradnja zaštitnih ograda i mehanizama u zoni dejstava presa za plastično deformisanje.

U okviru predstavljanja aktivnosti uništavanja naoružanja vršena je odgovarajuća prezentacija za predstavnike Ministarstva odbrane i međunarodne verifikatore i donatore, čiji je grafički deo predstavljen u ovom radu.

### **Tehnologija i procedura uništavanja naoružanja**

Proces uništavanja naoružanja započinje prijemom sredstva predviđenog za uništavanje. Naoružanje se pojedinačno evidentira i smešta u odgovarajuće sanduke koji se obeležavaju. Nakon formiranja zapisnika o prijemu i drugih materijalnih dokumenata za određenu primljenu količinu naoružanja (materijalne liste, razduženja tehničkih knjižica sa delovima IK i RAP-a i dr.) ono se skladišti u odgovarajući magacinski prostor do trenutka uništavanja. Nakon toga naoružanje se u sanducima dovozi u prostor za uništavanje, gde ga preuzima ekipa koja obavlja ovaj proces. Sa naoružanjem se šalje i odgovarajući zapisnik koji je formiran pri prijemu, koji ujedno služi kao revers kojim rukovalac skladišta predaje naoružanje na proces uništavanja.

Članovi ekipe za uništavanje, zaduženi za identifikaciju naoružanja, pojedinačno upoređuju fabrički broj svakog oružja sa zapisnikom, evidentiraju u odgovarajućoj rubrici da je naoružanje uzeto u proces uništavanja, vrše proveru ispražnjenosti od eventualno zaostale munucije i smeštaju naoružanje u pokretnu sošku. Ukoliko se neki fabrički broj pojedinačnog naoružanja ne može sravniti sa zapisnikom o prijemu, ono se vraća rukovaocu, usaglašava stanje sa komisijom za prijem i vrše potrebne ispravke. Kada se soška napuni (ili pregleda i isprazni odgovarajuća količina sanduka), doprema se pored radnog stola gde se vrši demontaža (rastavljanje) naoružanja. Istovremeno, obavlja se i sortiranje odgovarajućeg RAP-a koji je u sanducima došao sa naoružanjem, tako da se odvajaju metalni, drveni, kožni, plastični i drugi delovi furde u posebne sanduke koji se, takođe, obeležavaju.

Na liniji demontaže vrši se rastavljanje naoružanja od kojih se vitalni delovi, kao što su cev, zatvarač, udarna igla i sl. smeštaju u odgovarajuće sanduke koji se obeležavaju tako što im se daje oznaka soške sa kojih je skinuto naoružanje od kojih oni potiču. Ostali delovi se razvrstavaju prema vrstama materijala (metal, drvo, koža, plastika i sl.) i pakuju i obeležavaju kao i furda nastala od delova IK i RAP-a.

Delovi malog i lakog naoružanja, izrađeni od presovanog lima ili cevi tankih zidova, uništavaju se plastičnom deformacijom. Deformacija se izvodi na ekscentarskim i frikcionim hidropneumatskim presama sa minimalnim silama od 600 kN. Naoružanje debelih i masivnih zidova uništava se presecanjem.

Presecanje se vrši: gasnim rezačima, elektrolučno, korišćenjem elektroda za rezanje, i abrazivnim brusnim pločama.

Organizacija procesa uništavanja naoružanja malog kalibra prikazana je na slici 1.

Postupak plastičnog deformisanja vitalnih delova naoružanja na hidropneumatskim presama predstavlja najvažniju fazu u procesu uništavanja naoružanja. Tehnološke prednosti uništavanja naoružanja metodom plastičnog deformisanja ogledaju se u tome da se sa jednim ili više relativno jednostavnih hodova izvršnog dela mašine (pritiskivača prese) vrši narušavanje površinske strukture metalnih i drugih delova naoružanja i time njegovo potpuno onesposobljavanje za ponovno sklapanje i upotrebu. Istovremeno, prednost metode plastične deformacije je mala količina otpada koja je maseno ekvivalentna masi naoružanja u sklopljenom stanju, i kao takva može se lako obeležiti i evidentirati.

### Zahtevi pri uništavanju naoružanja

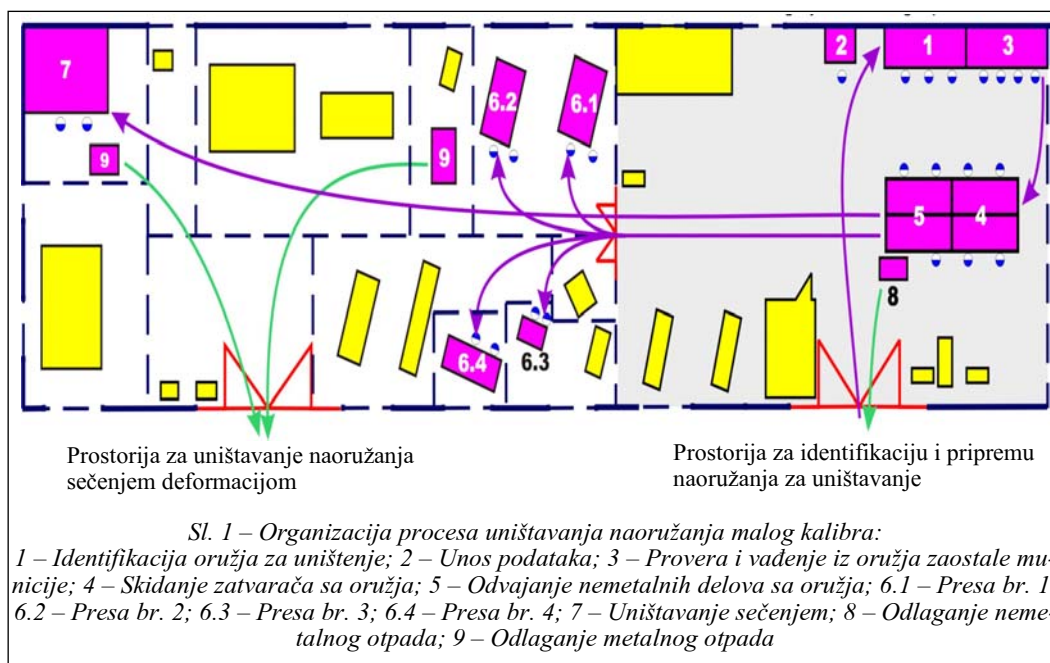
Postupkom uništavanja naoružanja mora se obezbediti:

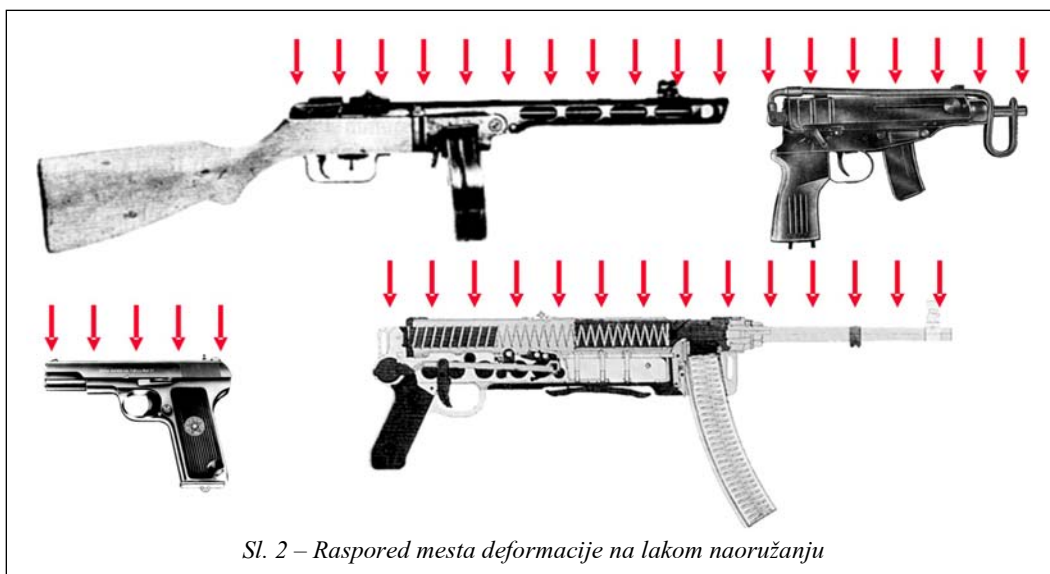
- uništenje svih vitalnih delova;
- da maksimalna dužina nedeformisanog dela plastičnom deformacijom ne bude veća od 50 mm kod pištolja, a kod pušaka i mitraljeza ne veća od 100 mm,
- da posle sečenja vitalnih delova naoružanja (cevi, brave, zatvarača, podloge, dvonošca i sl.), opravka i regeneracija takvih delova ne bude moguća.

Raspored mesta deformacije na lakom naoružanju prikazan je na slici 2.

Tehnološki postupak uništavanja naoružanja deformacijom na hidropneumatskim presama i gasnim sečenjem prikazan je u tabeli.

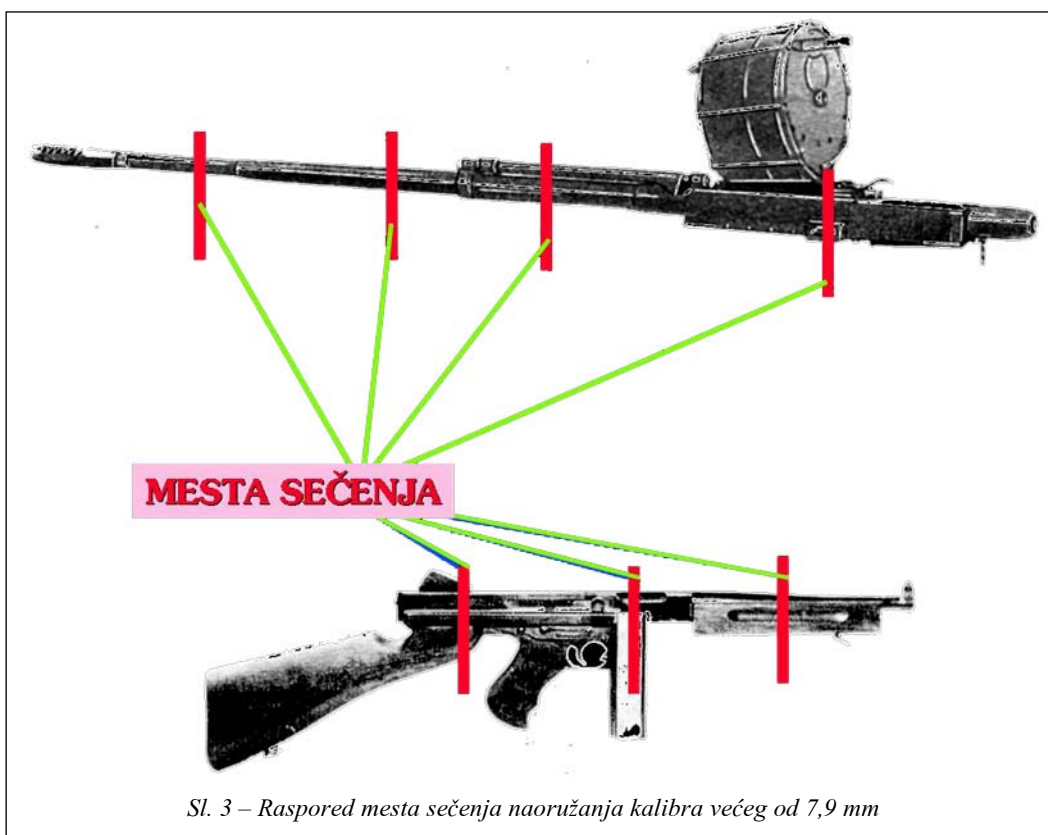
Raspored mesta sečenja naoružanja kalibra većeg od 7,9 mm prikazan je na slici 3.





*Tehnološki postupak uništavanja naoružanja deformacijom na hidropneumatskim presama i gasnim sečenjem*

Red. br.	Aktivnost – tehnološka operacija	Vreme rada (tehnički normativ)				
		NČ/izvršilac		Broj izvršil.	Ukupno NČ/kom	
		sati	minuta		sati	minuta
1.	Izdvajanje odgovarajućeg naoružanja u skladištu, po tipovima	0,033	2,00	3	0,100	6,00
2.	Utovar i transport naoružanja do mesta uništenja i istovar	0,033	2,00	3	0,100	6,00
3.	Identifikacija naoružanja (utvrđivanje modela, kalibra, serijskog broja i količine) i unos podataka u specifikacije	0,05	3,00	4	0,200	12,00
4.	Provera i vađenje iz naoružanja zaostale municije (iz cevi i okvira)	0,05	3,00	4	0,200	12,00
5.	Skidanje zatvarača i okvira sa naoružanja i njihovo odlaganje	0,0166	1,00	4	0,066	4,00
6.	Odvajanje nemetalnih delova sa naoružanja (drvenih, plastičnih, kožnih i platnenih), njihova selekcija i odlaganje u ambalažu	0,083	5,00	1	0,083	5,00
7.	Uništavanje deformacijom ili gasnim sečenjem vitalnih sklopova na naoružanju, u sklopljenom stanju, prema šemi uništenja	0,033	2,00	4	0,133	8,00
8.	Razvrstavanje i odlaganje u ambalažu furde nastale uništavanjem naoružanja, zatvarača i okvira	0,033	2,00	2	0,066	4,00
9.	Utovar, transport u skladište i istovar furde nastale uništavanjem naoružanja i nemetalnih delova	0,025	1,50	2	0,05	3,00
10.	Planiranje, organizacija, praćenje radova i izrada izveštaja o uništenju naoružanja	0,0083	0,50	1	0,0083	0,50
UKUPNO					1,0063	60,5



### Šematski prikaz postupka uništavanja naoružanja

Tehnološki proces uništavanja naoružanja određen je nizom definisanih radnji i postupaka. Načelna šema i tok postupka uništavanja, po fazama, prikazani su na slici 4.

### Odlaganje i obeležavanje otpada

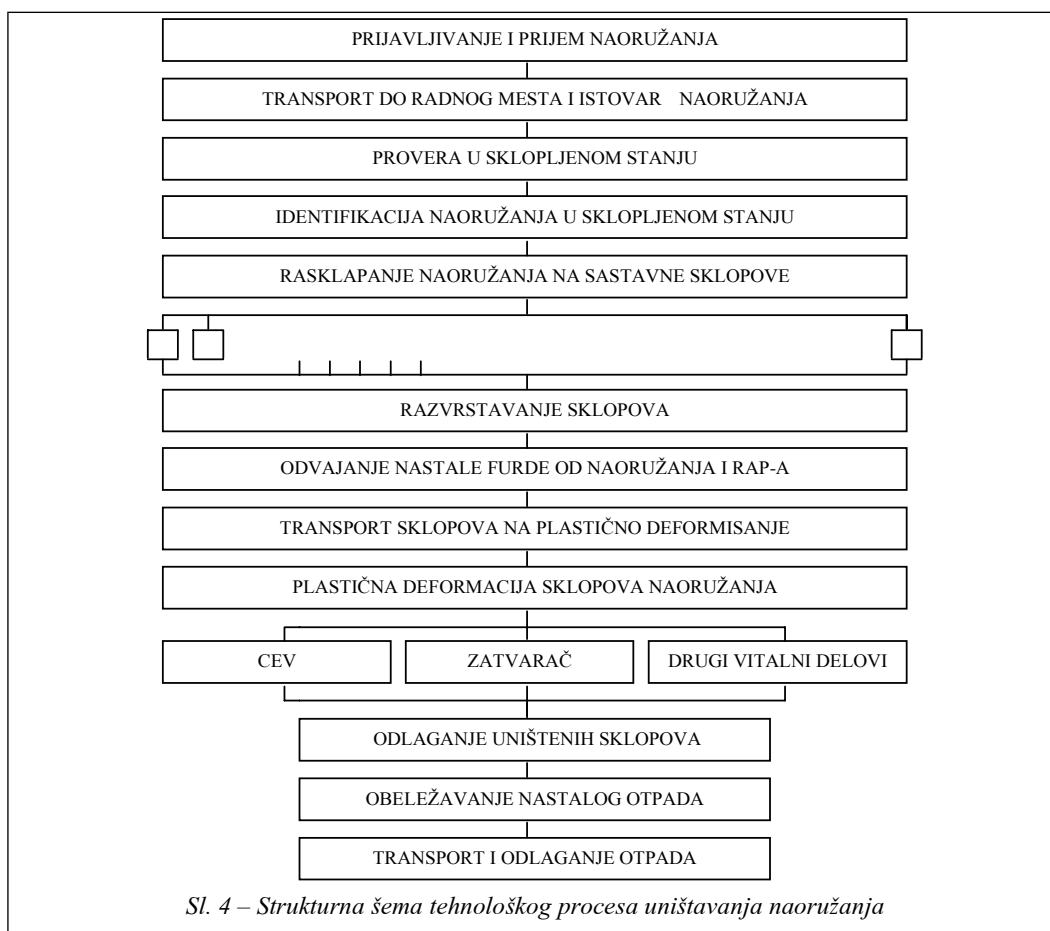
Pri uništavanju naoružanja nastaju različite vrste otpada. Pored metalnog otpada koji je najzastupljeniji, u procesu uništavanja naoružanja nastaje drveni, krpeno-platneni, kožni, gumeni, plastični i drugi otpad koji se poje-

dinačno evidentira, meri i uz materijalnu listu razdužuje kod rukovaoca, kao i pri svakom drugom postupku rashodovanja.

Pri uništavanju naoružanja, pored standardnih postupaka sa otpadom, koji su navedeni u skladu sa Uputstvom o materijalno-finansijskom poslovanju, reguliše se i postupak sa:

- gorivom i mazivima preostalim iz sredstava koja se uništavaju;
- tehničkim knjižicama i kartonima;
- delovima koji se skladište u odgovarajućim magacinima (noževi, okviri, četkice, izbijači, čistilice, kantice i sl.).

Odlaganje uništenog naoružanja prikazano je na slici 5.



### Alternativne metode uništavanja naoružanja

Istaknuto je da su metode uništavanja naoružanja primenjene u Tehničkom remontnom zavodu u Čačku prošle strogu međunarodnu verifikaciju i pokazale se kao konkurentne drugim metodama. Međutim, u praksi se primenjuju i druge metode uništavanja, kao što su:

- topljenje u visokim pećima,
- uništavanje dejstvom jakih kiselina ili baza,
- direktno sečenje na presama velikih snaga,

– metoda „gaženja“ guseničnim vozilima,

– potapanje u more na velikim dubinama i sl.

Nabrojane metode, a i mnoge druge, u poređenju sa metodom koja se primenjuje u TRZ Čačak imaju mnogo nedostataka, koji su najčešće izraženi u nemogućnosti naknadne kontrole fabričkih brojeva naoružanja koje je uništeno, jer se samim postupkom uništavanja gube svi tragovi o tipu, fabričkom broju, modelu i drugi bitni podaci koji bi se i nakon određenog perioda mogli koristiti i biti proveravani.



*Sl. 5 – Odlaganje uništenog naoružanja*

### **Mere i postupci zaštite na radu pri uništavanju naoružanja**

U toku procesa uništavanja naoružanja mogućnosti povređivanja radnika su raznovrsne i veoma izražene. Radnik se može povrediti u svim fazama procesa rada počev od prijema, istovara, transporta naoružanja pa do samog izvršenja procesa uništavanja, odnosno rada na mašinama (presama) za plastično deformisanje. Zaštita radnika koji rade na poslovima uništavanja naoružanja obezbeđuje se prvenstveno konstrukcionim rešenjem mašina ili ugradnjom odgovarajućih sistema zaštite.

Pri rešavanju konkretnog sistema zaštite mora se voditi računa o:

- izboru odgovarajućeg konstrukcionog materijala;
- pogodnom oblikovanju i prilagođavanju predmeta rada;

- postavljanju u kućište delova koji imaju opasna kretanja;

- vrsti izolacionih materijala za zaštitu od udara električne struje, za termičku zaštitu, zaštitu od buke, vibracija i sl.;

- primeni odgovarajuće mehaničke i električne opreme i instalacija (uređaja za zaštitno blokiranje, uređaja za zaštitu od električnog udara, zaštitu od preopterećenja mašine);

- što većoj automatizaciji procesa.

Zaštita radnika od mehaničkog povređivanja može se ostvariti različitim konstrukcionim rešenjima, kao što su: zaštitne naprave, uređaji, blokade, oklopi i dr.

Zaštitne naprave imaju ulogu da spreče pristup ruku ili drugih delova tela radnika do opasnog prostora u zoni pokretnih delova mašine. Mogu biti u obliku ograde, prepreke, štitnika, poklopca, vratašca, oklopa, kućišta, branika i slič-

no. Konstruisane su tako da budu čvrste i otporne na udare, da svojim položajem i delovanjem ne stvaraju nove izvore opasnosti, da se ne mogu skidati sa mašine bez upotrebe specijalnih alata, da ne smetaju radniku pri obavljanju odgovarajućih operacija i slično.

Zaštitni uređaji imaju ulogu da štite mašinu od preopterećenja i spreče havariju ili zaštite radnika od povređivanja. Na mašinama kod kojih se aktiviranje izvršnog dela vrši dvoručnim komandama ne sme istovremeno da se radi nožnom komandom ili nekim drugim uređajem za aktiviranje. Ovi uređaji se primenjuju na presama, makazama za sečenje i sličnim mašinama.

Zaštitnim blokadama obezbeđuje se međuzavisnost delovanja zaštitnih naprava ili uređaja i mašine, odnosno njenih delova, kao i bezbedan rad, odnosno zaustavljanje mašine u slučaju

otkaza ili drugih neželjenih pojava u procesu rada (sprečavanje istovremenog odvijanja različitih operacija i ograničavanje dužine hoda izvršnog dela mašine). Zaštitni oklopi sprečavaju dodir opasnih delova mašine. Oblik zaštitnog oklopa mora da bude prilagođen delovima mašine oko kojih postoji opasna zona. Oklopi ne smeju imati oštre uglove i ivice, jer bi time i sami predstavljali opasnost za radnike.

Uzročno-posledični lanac od opasnih zona na mašinama, preko nepažnje i netipičnih postupaka radnika do akcidenta, odnosno povrede (nezgode), među najznačajnijim su interaktivnim uticajima radnog procesa na radnika – neposrednog izvršioca u toku procesa uništavanja naoružanja. Jedan od načina zaštite u toku uništavanja naoružanja na hidropneumatskim presama prikazan je na slici 6.



*Sl. 6 – Jedan od načina zaštite u toku uništavanja naoružanja na hidropneumatskim presama*



## Zaključak

Uništavanje malog i lakog naoružanja u Tehničkom remontnom Zavodu u Čačku je aktivnost od velikog značaja za međunarodnu afirmaciju naše Vojske i zemlje u celini. Postupci uništavanja prikazani u ovom radu dobili su visoku ocenu nadležnih i kontrolnih organa, a i svih drugih koji su imali priliku da se upoznaju sa ovom akcijom. Ona je izazvala i veliku medijsku pažnju i bila afirmativno predstavljena. Mogućnost kontrole uništenog naoružanja u svakoj fazi procesa, a i naknadno za svaki pojedinačni primerak, odnosno fabrički broj, najveća je prednost metode uništavanja naoružanja u TRZ Čačak. Takođe, ova metoda je i veoma rentabilna, uzimajući u obzir troškove radne snage i materijala koji su minimalni.

Da bi se ova složena aktivnost realizovala uz što manju mogućnost narušavanja bezbednosti okoline i povređivanja radnika – neposrednih izvršilaca, primenjene su odgovarajuće mere zaštite na radu. Na primerima primenjenih zaštitnih mehanizama na konkretnim mašinama i uređajima pri procesu uništavanja naoružanja, ali i pri drugim radnim operacijama, pokazano je da se sa relativno malim materijalnim ulaganjima nivo zaštite i bezbednosti uopšte može podići na viši nivo, ne remeteći pri tome odvijanje propisanih tehnologija i postupaka rada.

### Literatura:

- [1] Uništavanje malog i lakog naoružanja – prezentacija, Tehnički remontni zavod, Čačak, 2003.
- [2] OSHA standards: Concepts and Techniques of Machine Safeguarding, US Department of Labor, 1992.
- [3] Janković, Ž., Jaćimović, D.: Konceptija bezbednosti i zaštite na radu u procesu održavanja mašina i uređaja, XXIX naučno-stručni skup HIPNEF 2004, Vrnjačka Banja, 2004.

Dr Vladimir Vujičić,  
dipl. inž.

## KONZERVACIJA TEHNIČKIH SISTEMA POSTUPKOM ODVLAŽIVANJA ATMOSFERE

UDC: 620.197 : 697.93

### Rezime:

*Savremeni postupak konzervacije sastoji se u hermetizaciji opreme i održavanju vlažnosti hermetizovanog prostora ispod vrednosti pri kojoj ne dolazi do korozije. Odvlaživanje atmosfere može se provesti statičkim i dinamičkim postupkom.*

*Ključne reči: konzervacija, korozija, relativna vlažnost, hermetizacija, odvlaživanje, silikagel.*

---

### PRESERVATION OF TECHNICAL SYSTEMS BY AIR DEHUMIDIFICATION

#### Summary:

*A contemporary preservation procedure consists of air-tightening equipment and maintaining humidity in an air-tight area below the threshold value of susceptibility to corrosion. Humidity of the atmosphere can be eliminated by static and dynamic procedures.*

*Key words: preservation, corrosion, relative humidity, tightness, dehumidification, silica gel.*

---

### Uvod

Složeni tehnički sistemi izrađeni su od većeg broja različitih konstrukcionih materijala, koji se različito ponašaju pod dejstvom okoline. Od materijala se zahteva da, s jedne strane, poseduje određene mehaničke osobine, a s druge strane da bude postojan prema uticaju atmosferilija pri normalnim uslovima. Materijali koji zadovoljavaju oba uslova vrlo su skupi, pa se problem rešava tako što se materijalima odgovarajućih mehaničkih karakteristika dodaje naknadna zaštita.

Zaštita tehničkih materijalnih sredstava (TMS) od atmosferske korozije, u periodu kada nisu u eksploataciji, naziva se konzervacija. Ona zauzima značajno mesto u sistemu održavanja TMS, jer ko-

rozija spada u faktore visokog rizika sa stanovišta borbene gotovosti.

Cilj konzervacije jeste da spreči propadanje materijala za vreme dok TMS nisu u upotrebi, tj. za vreme skladištenja. Skladištenje TMS vrši se u zatvorenim objektima, pod nastrešnicama i na otvorenom prostoru. Zatvoreni objekti (magacini i hale) ne dozvoljavaju da atmosferske padavine i sunčeva svetlost dođu u dodir sa uskladištenom opremom. Nastrešnice pružaju zaštitu od atmosferskih padavina, ali samo kada je vreme stabilno, pa se pri skladištenju pod nastrešnicama i na otvorenom prostoru koriste zaštitne navlake – cerade.

Propadanje materijala uzrokuje povećana vlažnost, temperatura, zagađenost

vazduha i sunčeva svetlost [1]. U uslovi-  
ma povećane vlažnosti vazduha dolazi do:

- korozije tehničkih metala;
- smanjenja otpornosti elektroizolacionog materijala:
- stvaranja plesni na tekstilu i koži;
- bubrenja higroskopskih materijala (drvo i tekstil);
- omekšavanja kartonskog pakovanja.

### **Odvlaživanje kao postupak zaštite**

Zaštita uskladištene opreme od korozije može se izvršiti na nekoliko načina, od kojih neki više, a drugi manje ostvaruju osnovne zahteve konzervacije, a to su: tehnički (što znači zaštita od korozije) i taktički (što znači imati opremu raspoloživu za momentalnu upotrebu).

Klasični postupak zaštite kontaktom metodom, sastoji se u nanošenju zaštitnih sredstava (zaštitnih ulja, masti i termoplastičnih masa) na površine koje se štite čime je prvi uslov uglavnom zadovoljen. Drugi uslov, uglavnom, nije ispunjen i zavisi od specifičnosti zaštitnih sredstava. U određenim situacijama zaštita može biti neprimerena ako je vreme dekonzervacije i dovođenje opreme u stanje borbene gotovosti duže od zahtevanog vremena kada je oprema morala biti upotrebljena.

Ova dva kontradiktorna zahteva konzervacije mogu se uskladiti ako se u postupku zaštite od atmosferske korozije ne tretira metal već lokalna atmosfera. To se postiže metodom hermetizacije koji se sastoji u izolovanju pojedinih delova, sklopova i kompletnih TMS i u obradi korozione sredine unutar izolovanog prostora. Hermetičnost se može postići

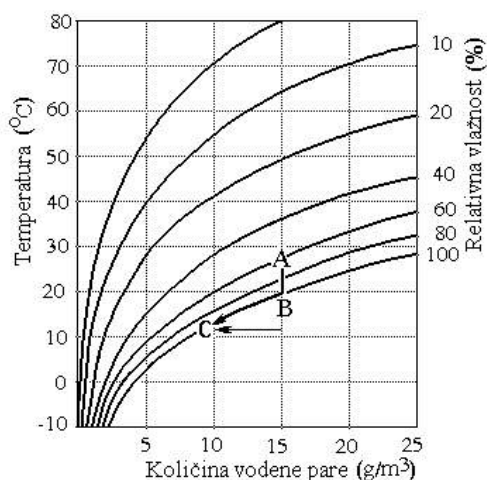
metalnom i plastičnom ambalažom, navelakama od metalnih i plastičnih folija i adaptacijom građevinskog objekta.

Pri korišćenju metalne i plastične ambalaže (kontejnera), hermetičnost se postiže postavljanjem termoplastičnog gita ili samolepljive trake na spoju između sanduka i poklopca sanduka. Radi izrade navlaka folija se reže u komade odgovarajuće veličine, a zatim se aparatom za zavarivanje formira navlaka.

Hermetizacijom se agresivna sredina ograničava na prostor koji se nalazi između sredstva i omotača kojim je izvršena hermetizacija. U tom prostoru nalaze se određene količine kiseonika, vodene pare i drugih agensa korozije koji mogu uzrokovati degradaciju karakteristika tehničkih materijala.

Količina vodene pare u hermetičnom pakovanju zavisi od uslova u kojima je izvršena hermetizacija i poroznosti omotača. Radi smanjenja količine zarobljene vlage unutar omotača, hermetizacija se vrši na sobnoj temperaturi i relativnoj vlažnosti do 60%. Ukoliko su ove vrednosti veće na nižim temperaturama će doći do kondenzacije veće količine vodene pare. Na primer, ako se hermetizacija vrši u uslovima relativne vlažnosti od 60% i temperature od 27°C onda se u 1m<sup>3</sup> prostora nalazi 15 g vodene pare (tačka A, slika 1). Kada se takvo pakovanje za vreme skladištenja nađe na temperaturi manjoj od 20°C doći će do kondenzacije vodene pare na površini omotača i TMS (tačka B, slika 1). Ukoliko se temperatura u omotaču smanji na 12°C doći će do kondenzacije 5 g vodene pare (tačka C, slika 1).

Hermetičnost nije dovoljna da dugo-oročno zaštititi TMS, jer se u omotaču zadr-



Sl. 1 – Zavisnost količine vodene pare od temperature i relativne vlažnosti

žavaju ili u njega naknadno prodiru agensi korozije. Prodiranje agensa korozije nastaje zbog poroznosti nekih materijala od kojih su izrađeni omotači. Zato se pri zaštiti opreme na duži period vrši obrada korozione sredine hermetičnog pakovanja, hermetičnog prostora ili prostorije.

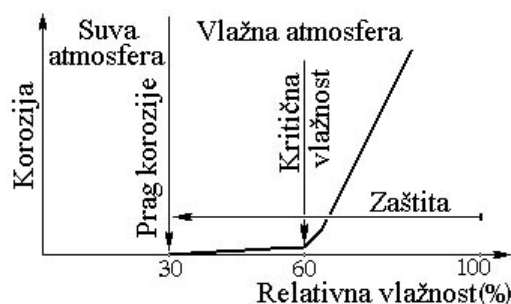
Ispitivanja su pokazala, a praksa potvrdila, da se korozija gvožđa ne odvija u suvoj atmosferi tj. u uslovima kada je relativna vlažnost manja od 30%. Korozija se sporo odvija i u uslovima kada je relativna vlažnost manja od 60% [1, 2]. Šematski prikaz zavisnosti korozije gvožđa od vlažnosti vazduha i mogućnosti zaštite opreme prikazana je na slici 2.

Suva atmosfera može se ostvariti statičkim i dinamičkim odvlaživanjem.

### Statičko odvlaživanje

Statičko odvlaživanje primenjuje se za dugoročnu konzervaciju sredstava veze, optičkih instrumenata, raketa, radarskih sistema, oklopnih motornih i drugih

vozila koja se mogu hermetizovati, rezervnih sklopova, streljačkog naoružanja, itd.



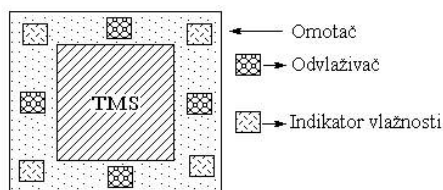
Sl. 2 – Uticaj relativne vlažnosti vazduha na koroziju gvožđa i mogućnost zaštite od atmosfere korozije

Konzervacija se provodi čvrstim adsorberima vlage, tzv. odvlaživačima. Oni upijaju vlagu iz hermetične sredine i na taj način, za unapred određeno vreme, održavaju relativnu vlažnost ispod vrednosti kod koje ne dolazi do korozije.

Najpoznatiji odvlaživač je silikagel. On ima veliku sposobnost adsorpcije vodene pare. Najveću sposobnost upijanja ima u uslovima 100%-tne vlažnosti (do 63% u odnosu na masu suvog silikagela) [2]. Upijanjem vlage silikagel može u hermetičnim pakovanjima da obezbedi suhu atmosferu u dužem periodu.

Za upotrebu silikagel se pakuje u pamučne, platnene ili celulozne vrećice, određenih dimenzija u kojima može da stane od 50, 100, 250, 500, 1000 g ili nekoliko kilograma silikagela.

Vrećice sa silikagelom postavljaju se i pričvršćuju na različita mesta oko tehničkog sredstva koje se štiti, tako da čitav prostor unutar pakovanja bude u suvoj atmosferi (slika 3). Između površine metala i vrećica sa silikagelom postavlja se parafinisani papir ili plastična folija, čime se izbegava pojava korozije usled dodira vlažnog silikagela i metala.



Sl. 3 – Šematski prikaz konzervacije pomoću odvlaživača

Masa silikagela, koja se stavlja u hermetično pakovanje, proračunava se na osnovu propustljivosti vodene pare materijala za hermetizaciju, ukupne zapremine hermetičnog pakovanja, adsorpcione moći silikagela, higroskopnosti i količine materijala za ispunu, veka trajanja konzervacije i uslova čuvanja [2, 3].

Stanje vlažnosti unutar hermetičnog pakovanja prati se pomoću indikatora vlažnosti na bazi kobalt-hlorida ( $\text{CoCl}_2$ ). Ova materija menja boju u zavisnosti od sadržaja vlage i to od izrazito plave – kada je suva, do crvene – kada je vlažna. Prelaz od svetloplave do ružičaste boje odvija se pri relativnoj vlažnosti od 40%.

Kobalthloridom impregnišu se komadi od bele tkanine, veličine  $30 \times 50$  mm. Nakon impregnacije i sušenja indikator vlažnosti se do upotrebe čuva u hermetički zatvorenim staklenim, metalnim ili plastičnim posudama. Postavlja se u hermetično pakovanje na vidljivo mesto koje je udaljeno od mesta sa vrećicama silikagela, a u jedno pakovanje može se postaviti više komada. Njihov broj zavisi od složenosti i veličine tehničkog sredstva koje se zaštićuje.

Zamena indikatora vlažnosti i silikagela vrši se nakon što se pri pregledima konzervisane opreme uoči njegova ružičasta boja. U svakom skladištu TMS konzervisanih metodom hermetizacije postavlja se etalon sa objašnjenjem značenja boje indikatora vlažnosti pri različitim stepenima vlažnosti.

Etalon sa objašnjenjem značenja boje indikatora vlažnosti

Boja	Relativna vlažnost (%)
Plava	Od 0 do 30
Svetloplava	Od 30 do 40
Ružičasta	Od 40 do 50
Crvena	Od 50 do 100

Zaštita silikagelom traje nekoliko godina i zavisi, prvenstveno, od karakteristika materijala pomoću kojih je izvršena hermetizacija, količine odvlaživača i uslova čuvanja.

Konzervacija metodom hermetizacije uz upotrebu silikagela ima velike prednosti u odnosu na zaštitu zaštitnim uljima, mastima i solventima, i to:

- postupak zaštite je veoma jednostavan. Kada se silikagel zasiti vlagom zamenjuje se suvim, a vlažan šalje na regeneraciju, koja se vrši u električnim pećima;

- silikagel se može primeniti za zaštitu svih materijala. Pored sprečavanja korozije silikagel smanjuje mogućnost nastanka plesni;

- postupak aktiviranja konzervisanih sredstva je jednostavan, a sastoji se od otvaranja hermetičnog pakovanja, uklanjanja materijala kojim je izvršena hermetizacija, i uklanjanja vrećica sa silikagelom i indikatora vlažnosti.

### Dinamičko odvlaživanje

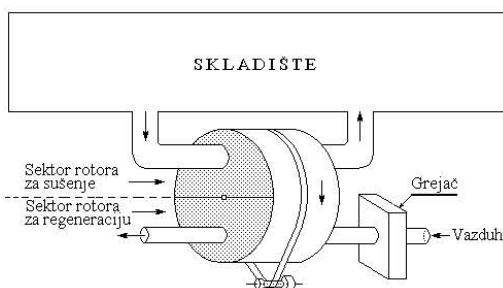
Dinamičko odvlaživanje realizuje se pomoću agregata za odvlaživanje. Izmena vlage obavlja se u lagano rotirajućem adsorpcionom kolu ili rotoru. Rotor je izrađen od mehaničkog nosećeg vatrootpornog materijala koji je impregnisiran odgovarajućim odvlaživačem. Sastoji se od mnoštva koaksijalnih kanalića sa glavnom osovinom, tako da ima površinu od preko  $3000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Cevasti oblik saća omogućuje laminarno strujanje vazduha,

sa minimalnim trenjem i padom pritiska. Vazduh se propušta kroz rotor brzinom od oko 2,5 m/s.

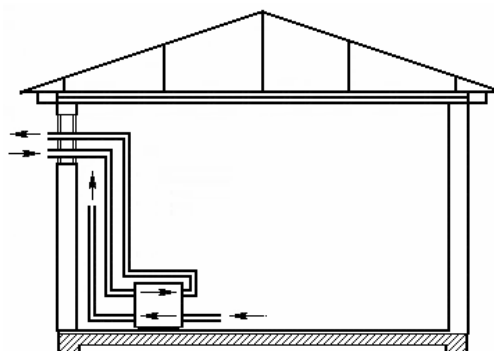
Rotor se okreće brzinom od 7 obrtaja na sat. Obrtanjem „prolazi“ kroz sekciju za odvlaživanje usisnog vazduha i kroz sekciju za regeneraciju odvlaživača. U sekciji za odvlaživanje dolazi do adsorpcije vlage, a u sekciji za regeneraciju do oslobađanja vlage iz odvlaživača pomoću toplog vazduha. Nakon regeneracije adsorpciona masa ponovo preuzima vlagu. Oba procesa: adsorpcija vlage i regeneracija odvlaživača odvijaju se istovremeno, čime se ostvaruje kontinuirano odvlaživanje vazduha. Na taj način u prostoriji se postiže odgovarajuća mikroklima sa niskom relativnom vlažnošću u kojoj se ne može odvijati elektrohemijska korozija.

Rad agregata može se automatizovati, najčešće higrostatskom metodom. Vrednost vlažnosti koja se želi održavati podešava se na posebnom higrometru, tako da relej automatski uključuje agregat.

Šematski prikaz rada agregata za dinamičko odvlaživanje prikazan je na slici 4, a njegov položaj u skladišnom objektu na slici 5.



Sl. 4 – Šematski prikaz rada agregata za dinamičko odvlaživanje

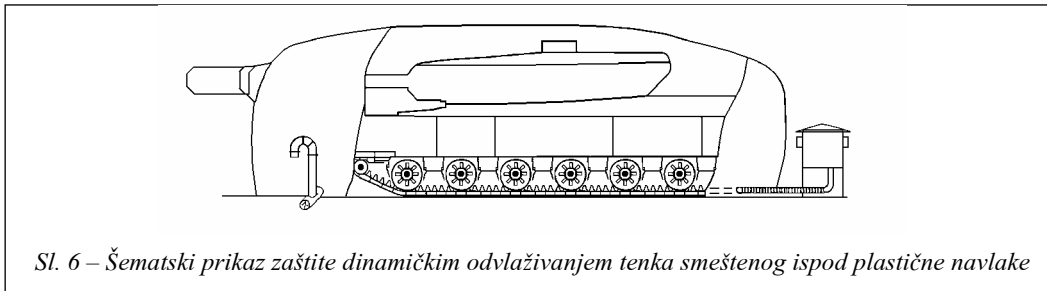


Sl. 5 – Položaj agregata za odvlaživanje u skladišnom objektu

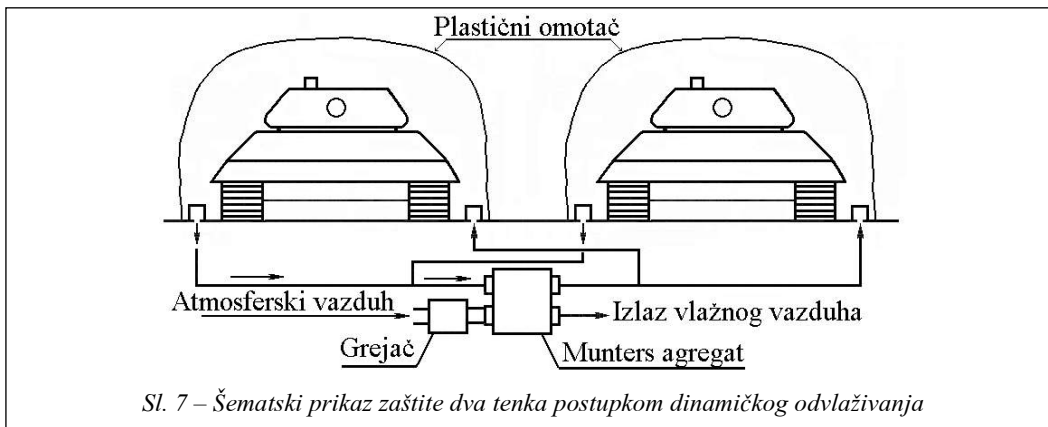
Na tržištu postoje agregati različitog kapaciteta. U praksi se istovremeno može primeniti nekoliko agregata, čime se omogućuje održavanje relativne vlažnosti u prostoru od nekoliko m<sup>3</sup> do nekoliko hiljada m<sup>3</sup>. U takvim uslovima omogućena je zaštita pojedinih TMS i njihovih sklopova, kao i kompletnog naoružanja i vojne opreme jedne ili više jedinica istovremeno. Upravo zbog toga agregati za odvlaživanje imaju veliku primenu u svetu za zaštitu naoružanja i ostale vojne opreme u stabilnim objektima i na položaju.

Agregati za odvlaživanje mogu se primeniti i za zaštitu naoružanja i vojne opreme na položaju, ukoliko se raspolože odgovarajućom podlogom i odgovarajućim navlakama (slike 6 i 7). U ovom slučaju nije bitno da se u blizini nalazi izvor električne energije, jer se odvlaživači mogu napajati preko elektro-agregata.

Dinamičko odvlaživanje funkcioniše sigurno i pouzdano uz najmanje energetske i materijalne troškove. Sistem konzervisanja suvim vazduhom obezbeđuje kontrolu vlažnosti vazduha unutar hermetičkog prostora i garantuje sigurnost protiv korozije i drugog štetnog delovanja vlage na uskladišteni materijal.



Sl. 6 – Šematski prikaz zaštite dinamičkim odvlaživanjem tenka smeštenog ispod plastične navlake



Sl. 7 – Šematski prikaz zaštite dva tenka postupkom dinamičkog odvlaživanja

### Zaključak

Zaštita tehničkih sistema od degradacije za vreme skladištenja može se vršiti postavljanjem opreme u odgovarajuća hermetična pakovanja i hermetične prostore uz održavanje vlažnosti vazduha ispod vrednosti pri kojoj ne dolazi do korozije. To se ostvaruje statičkim i dinamičkim odvlaživanjem.

Statičko odvlaživanje ostvaruje se pomoću silikagela, a primenjuje se za zaštitu opreme koja se čuva u hermetičnim pakovanjima od metalne i plastične ambalaže i omotačima od plastične folije.

Dinamičko odvlaživanje ostvaruje se pomoću agregata za odvlaživanje i primenjuje se za zaštitu velikog broja iste ili različite opreme. Primena ovog postupka konzervacije uslovljena je obezbeđenjem uređaja za odvlaživanje i hermetičnosti prostorije (građevinski obje-

kat), odnosno hermetičnosti prostora (nepropustljiva plastična navlaka).

Postupak konzervacije odvlaživanjem je jednostavan i obezbeđuje sigurnu zaštitu TMS u dužem periodu u svim vremenskim uslovima.

Dekonzervacija sredstava konzervisanog statičkim odvlaživanjem je jednostavna, a sastoji se od otvaranja hermetičnog pakovanja, uklanjanja materijala kojim je izvršena hermetizacija, kao i uklanjanja silikagela i indikatora vlažnosti.

Sredstva konzervisana dinamičkim odvlaživanjem čuvaju se u eksploatacionom stanju, tako da se mogu u svakom trenutku upotrebiti.

### Literatura:

- [1] Vujičić, V.: Korozija i tehnologija zaštite metala, Vojna akademija, Beograd, 2002.
- [2] Tehnička uprava SP GŠ VJ: Uputstvo za konzervaciju tehničkih materijalnih sredstava, TU-V, 5102, 1997.

**Dr Rade Biočanin,**  
pukovnik  
Uprava za školstvo i obuku GŠ VSCG,  
Beograd

## HEMIJSKI UDESI I PROCENA RIZIKA

UDC: 504.054 : 614.878

### Rezime:

*Brojni su udesi vezani za transport i upotrebu hemijskih materija. Ova činjenica je važna i zbog toga što se naša zemlja nalazi na raskrsnici značajnih svetskih komunikacija kojima se ovakvi tereti prevoze. Veliki broj vrsta hemijskih materija može znatno da naruši životnu sredinu za duži period. Ovaj rad, kroz različite parametre, nastoji da prouči takvu mogućnost i ukaže na načine za prevenciju sličnih događaja i zaštitu stanovništva u miru i tokom ratnih dejstava. Ostvarenje projekta jedinstvenog sistema ABHO daje mogućnost da se, korišćenjem savremene opreme za komunikaciju i efikasnih jedinica za brzo reagovanje u realnom vremenu, uspešno obavi monitoring opasnosti, uzbunjivanje, zaštita i dekontaminacija.*

*Ključne reči: životna sredina, rizik, hemijski udesi, opasne materije, transport, kontaminacija, monitoring, zaštita, dekontaminacija, pokretni sistemi.*

---

## CHEMICAL ACCIDENTS AND HAZARD ASSESSMENT

### Summary:

*There is a growing number of accidents involving hazardous chemical substances during transportation. Serbia and Montenegro are at the crossroads of numerous important European transport links where a lot of such transports pass through. A great number of such substances can considerably damage environment for a very long period of time. This paper studies such events applying different parameters; it tries to point at successful prevention and protection from this threat at peace, as well as during war operations. The realization of the universal and united system of the NBCD of the Army of Serbia and Montenegro, together with modern communication equipment and very effective mobile units, enables on – time reaction and successful monitoring, alarming, protection and decontamination.*

*Key words: environment, hazard, chemical accident, hazardous substances, transport, contamination, monitoring, protection, decontamination, mobile systems.*

---

### Uvod

Udesi u stacionarnim objektima dešavaju se u proizvodnim sistemima, magacinima, rezervoarima, cevovodima, transportnim trakama i sl. Njihova osnovna karakteristika je da se zna tačna lokacija moguće havarije, a poznate su i vrste hemijskih supstanci koje se mogu izliti u

okolinu. Ono što se ne može unapred znati je vreme kada će doći do havarije.

Pri ovom razmatranju mora se voditi računa o količinama hemijskih supstanci, jer se one menjaju u toku proizvodnje, što zavisi od utroška, dinamike nabavke, zaštoja u proizvodnji i drugih razloga. Međutim, sa stanovišta zaštite životne sredine i preduzimanja mera zaštite uvek se



mora računati sa maksimalnim brojem hemijskih jedinjenja koja se koriste, kao i količinama prisutnim u stacionarnom objektu. Jedino u ovom slučaju mogu se realno predvideti pouzdane mere za uklanjanje posledica hemijskih udesa.

Osnovni i najčešći izvori zagađenja urbanih sredina su: tehnološki procesi u industriji, sredstva saobraćaja, preduzeća, instituti i bolnice, termoelektrane, toplane, čvrst i tečan otpad, pesticidi i drugi zaprašivači, sredstva koja generišu buku i vibracije, NHB udesi i požari, elementarne nepogode, epidemijaska oboljenja, ratna razaranja i NHB terorizam.

### Posledice hemijske kontaminacije

Kada se razmatraju posledice hemijske kontaminacije pri udesima, one se mogu svrstati u dve grupe. Prvu grupu čine akutne posledice, koje izazivaju smrt ili teška i laka povređivanja ljudi, razlivanje i širenje hemijskih supstanci u okolinu, sa mogućim hemijskim reakcijama i sagorevanjima, stvarajući zone visokog rizika. Drugu grupu posledica čine one koje izaziva prisustvo zagađujućih supstanci na površini zemljišta, odakle postupno prodiru u dublje slojeve zemlje, dospevajući i do vodonosnih slojeva. Atmosferske padavine ih prenose i do površinskih voda. U zavisnosti od isparljivosti mogu da kontaminiraju i vazduh iznad zemljišta. Posebnu opasnost čini zagađivanje vodonosnih slojeva koji čine izvorista pijaćih voda i vode za tehničku upotrebu. U slučaju kada prodiru u tekuće vode, mogu biti prenete i na priobalja vodotoka, odnosno u muljeve dna reke, delujući na floru i faunu.

Prema definiciji organizacije UN zagađivači su one egzogene supstance koje se sreću na neodgovarajućem mestu, u neodgovarajuće vreme i u neodgovarajućim količinama. Opasne materije se klasifikuju kao eksplozivi, zapaljive materije, oksidacione materije, materije osetljive na vlagu, na kiseline, toksične materije, korozivne materije i komprimovani gasovi.

Najvećim zagađivačima životne sredine smatraju se teški metali. Visok nivo zagađenja hidrosfere teškim metalima registrovan je, uglavnom, u priobalnim regionima i zatvorenim morima, na čijim se obalama nalaze veliki gradovi.

Najčešći zagađivači u radnoj i životnoj sredini i njihova distribucija u organizmu čoveka prikazani su u tabeli.

*Distribucija opasnih materija u organizmu čoveka*

„Napadnuti organi“	Vrsta opasne materije					
	Cijanid	Arsenik	Živa	Olovo	Kadmijum	Hrom
Mozak	*		*	*		
Srce	*	*	*	*		
Pluća	*	*		*	*	*
Želudac	*	*		*		*
Bubrezi		*	*	*	*	*
Jetra		*	*	*		
Creva				*	*	
Koža	*		*	*		
Ner. sistem		*		*		
Fetus			*	*		
Kosti				*	*	

### Obezbeđenje od hemijskih udesa

Naznačene grupe posledica kontaminacije zahtevaju i adekvatne sisteme za zaustavljanje i uklanjanje posledica havarijskog zagađivanja. Prvi mora da bude sistem hitnih intervencija, čiji su ciljevi: izvlačenje unesrećenih ljudi, zaustavljanje izlivanja hemijskih supstanci, gašenje požara, zaustavljanje širenja daljeg razaranja i primarna neutralizacija izlivenih agensa. Ovaj sistem mora da počne da deluje u što kraćem vre-

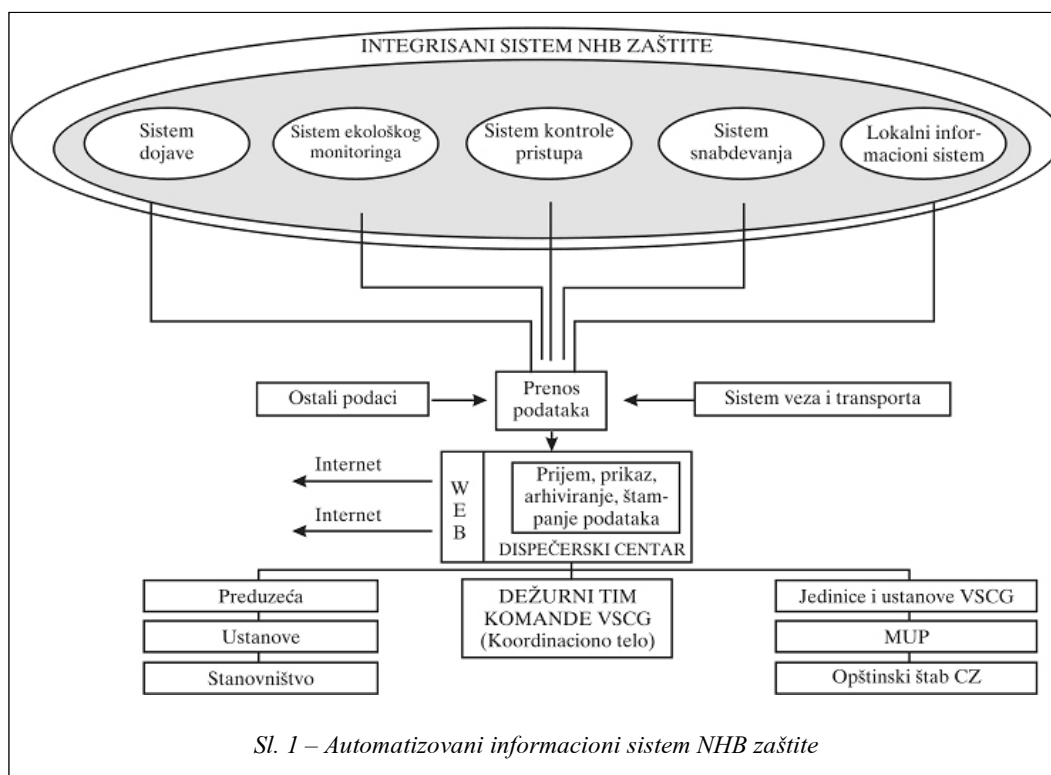
menu i što smišljenije. Sigurno je da u periodu od nastanka havarije do početka intervencije postoji tzv. „mrtvo vreme“, tj. ono u kojem se odvijaju određeni procesi i nastaju posledice. To znači da ne postoji apsolutna sigurnost da neće doći do posledica havarije, ali da će brzina intervencije znatno uticati na intenzitet posledica.

Takođe, veoma je bitna opremljenost i povezanost učesnika u hitnoj intervenciji. Ako toga nema može se desiti da npr. iz oštećenog vagona cisterne pri prolasku kroz nadvožnjak počne da ističe amonijak, a da pozvane službe zaštitnog sistema nemaju adekvatnu zaštitnu opremu. Brzo razlivanje amonijaka iz oštećene cisterne u sudaru stvara oblak sa visokom koncentracijom amonijaka, što stvara velike probleme i materijalnu štetu.

Ozbiljnost ove problematike ilustruju i saznanja dobijena snimanjem situacije u nekim gradovima u okviru proizvodnih preduzeća. Pored ostalih zaključaka konstatovano je da:

- većina preduzeća nije razradila sistem poslova i zadataka odgovarajućih lica u slučaju nastanka NHB udesa;
- nije urađen katastar zagađujućih agensa, a neka preduzeća nemaju ni podatke o opasnim materijama;
- stanje pripremljenosti za sprečavanje udesa nije na potrebnom nivou;
- osposobljavanje kadra i obuka radnika obavlja se samo za delovanje u slučaju požara i eksplozija, ali ne i u slučaju NHB udesa.

Drugi sistem čini niz mera, specifičnih za svaku havariju, radi uklanjanja posledica.



Sagledavanjem svih elemenata procene potencijalnog hemijskog udesa i njihovog međusobnog uticaja, donose se zaključci na osnovu kojih se planira i izvodi obezbeđenje od hemijskih udesa.

Obezbeđenje od hemijskih udesa u miru u vojsci se reguliše naređenjem komandanta garnizona (aerodroma – sidrišta), u saradnji sa licima lokalne vlasti. Naređenje za organizaciju obezbeđenja načelno sadrži: cilj, zadatke, nosioce, snage i sredstva, mere i postupke, upozorenje – uzbuñivanje, mere hemijske zaštite, pravce i rejone evakuacije – sklanjanja, snage i način angažovanja u zadacima obezbeđenja, kontrolu hemijskog udesa, uklanjanje posledica, logistiku, komandovanje u vanrednoj situaciji, vezu, saradnju i dr.

Za efikasan odgovor na hemijski udes, u sadašnjim uslovima, neophodno je u okviru organizacijskih promena i dogradnje Vojske, definisati i formirati snage za izvršavanje specijalističkih zadataka u okviru obezbeđenja – zaštite životne sredine, a posebno jedinstven informaciono-upravljački sistem. Rešenje treba tražiti u okviru usavršavanja postojećeg sistema ABHO, odnosno njihovih podsistema. Takođe, potrebna je modernizacija sredstava i opreme, naročito za obezbeđenje – zaštitu od NHB udesa i osposobljavanje kadra koji će biti u mogućnosti da efikasno odgovori na NHB udes u miru i ratu.

### **Procena i prognoza hemijskih rizika**

Određivanje i praćenje hemijske kontaminacije moguće je i poluempirijskim

putem pomoću matematičkog modela. U zoni udesa primarni oblak kontaminacije nastaje oslobađanjem pare, gasova i aerosola, nakon čega se pod uticajem meteoroloških uslova rasprostire na određeno rastojanje. Krupniji disperzni kontaminanti prvenstveno kontaminiraju zemljište i objekte, a zatim isparavaju i dovede do sekundarne kontaminacije atmosfere.

U nizu aktivnosti koje čine sastavni deo životne sredine, procena rizika ima strateški značaj. To je kompleksna procedura koja na posredan način opisuje svu težinu problema ugrožene životne sredine i nastale posledice.

Procena rizika obuhvata i analizu izloženosti jedinke, ili određene populacije, tokom proteklog vremena, analizu vrste i stepena negativnih uticaja na zdravlje, i procenu mogućih posledica u budućnosti za određene uslove izloženosti.

Analiza i procena rizika sastoji se od sledećih aktivnosti:

- sakupljanja podataka i njihove obrade (ovu grupu čini prepoznavanje ugrožene populacije, odnosno regiona i opasne supstance, tj. hazardal);
- procene izloženosti (odnosi se na analizu stepena izloženosti jedinke ili populacije opasnoj supstanci, uz određivanje vremena izloženosti pri određenoj dozi);
- ocene štetnosti i toksičnosti (kvalitativno i kvantitativno određivanje toksičnih supstanci, uz primenu proverenih analitičkih metoda i postupaka);
- karakterizacije rizika (prepoznavanje vrste rizika koju izaziva štetna supstanca i nivo pouzdanosti tokom karakterizacije rizika);
- sanacije rizika.

Izlaganje organizma dejstvu neke opasne hemikalije može da se proračuna uz primenu odgovarajućeg algoritma. Kako postoji niz načina da se ljudski organizam izlaže dejstvu opasnih supstanci (putem zagađenja vode, udisanjem zagađenog vazduha, unošenjem zagađene hrane, izlaganjem kože zagađenom vazduhu ili kontaktom kože sa zagađenim supstancama, zemljom, alatima i drugim), za svaki od slučajeva izlaganja postoji odgovarajući algoritam.

Za izračunavanje unesene količine određene isparljive hemijske supstance udisanjem može se upotrebiti jednačina:

$$UNOS = (Ks \cdot Bu \cdot Ve \cdot Fe \cdot Te) / (Tm \cdot Sv) \quad (1)$$

*(mg /kg x dan)*

gde je:

Ks – koncentracija kontaminacione supstance u vazduhu (mg/m<sup>3</sup>);

Bu – brzina udisanja (m<sup>3</sup>/h);

Ve – vreme ekspozicije (h/dan);

Fe – frekvencija ekspozicije (dan/god.);

Te – trajanje ekspozicije (god.);

Tm – telesna masa (kg);

Sv – srednje vreme (dan).

Za izračunavanje unesene količine određene hemikalije ishranom koristi se sledeća jednačina:

$$UNOS = (Kh \cdot Uf \cdot Fe \cdot Te) / (Tm \cdot Sv) \quad (2)$$

*(mg /kg x dan)*

gde je:

Kh – količina hrane ili vode (kg/obrok);

Uf – unosni faktor (mg/kg);

Fe – frekvencija ekspozicije (obrok/god.);

Te – trajanje ekspozicije (god.);

Tm – telesna masa (kg);

Sv – srednje vreme (dan).

Pri disperziji visokotoksičnih supstanci (upotrebom hemijskog oružja, razaranjem hemijskih postrojenja ili nakon hemijskog udesa) stvaraju se kapljice različitih oblika i veličina. Veće kapljice nošene vetrom padaju na zemlju i stvaraju kontaminirano zemljište, a ostali deo formira oblak para i aerosola koji se i dalje raznosi vetrom, stvarajući kontaminiranu atmosferu.

Postojani teško isparljivi ili visokoviskozni kontaminanti stvaraju malu količinu para ili aerosola, a njihovo isparavanje sa zemljišta je slabo i oni mogu ostati na zemljištu više dana.

U slučaju hemijskog udesa (napad klasičnim oružjem, razaranje hemijskog postrojenja, udes u transportnom sredstvu i u fabrici) može doći do isticanja tečnosti i slobodne turbulencije (hlor, amonijak, vinil-hlorid), sa efektima kontaminacije kao kod bojnih otrova. Pare – aerosoli koji se izdižu iznad KonZ-a ili iznad havarisanog objekta, postojaće sve dok bude isticala tečnost iz tanka (rezervoara) ili dok kontaminant bude isparavao sa zemljišta.

Meteorološki uslovi (smer, brzina i turbulencija vazduha), temperatura tla i vazduha, padavine (vrsta i količina), vlažnost vazduha, stabilnost vazduha, ispresecanost zemljišta, vegetacija i slično, faktori su koji uslovljavaju disperziju hemijskih kontaminanata.

Intenzitet turbulencije vazduha od velike je važnosti za aktivnost kontaminanta. Slab vetar i slaba turbulencija znače visoku dozu u obliku para i aerosola kontaminanta. Takvi vremenski uslovi povoljni su za postizanje efekata kontaminacije na većim udaljenostima, posebno noću.

Visoka atmosferska temperatura povećava isparavanje sa zemljišta i dovodi do brže samodekontaminacije, dok će kontaminacija para u dimnom stubu biti veća. Na zemlji pokrivenoj snegom, kontaminaciona jedinjenja nemaju većeg efekta, zbog brzine razlaganja, hidrolize i rastvaranja.

Oblak para i aerosola hemijskih kontaminanata, koji se širi preko guste vegetacije ili urbane sredine, mnogo brže se razređuje nego oblak koji se kreće preko ravnih ili vodenih površina. U određenim slučajevima ispresecano zemljište, vegetacija i naselje mogu lokalno imati suprotan efekat na povišenje para i aerosola visokotoksičnih jedinjenja.

U šumama (deluju kao filter), depresijama i gradskim ulicama dejstvo prolazećeg toksičnog oblaka može biti i naknadno (zakasnelo), zbog činjenice da je izmena vazduha sa okolinom ograničena. Slično zakašnjenje događa se u šatorima, zgradama i vozilima. Uticaj reljefa i pošumljenosti zemljišta na domet oblaka toksičnih para i aerosola odražava se i na prostiranje početnog i naknadnog oblaka. Treba istaći da šuma predstavlja prepreku za širenje toksičnog oblaka. Iako manja količina para i aerosola visokotoksičnih jedinjenja prodire u šumu, veći deo oblaka „preskače“ takvu prepreku i nastavlja svoj put pod uticajem vetra.

Temperaturna razlika ima znatan uticaj na daljinu raznošenja para i aerosola visokotoksičnih jedinjenja. Pri inverziji oblak para i aerosola ostaje pri zemlji, dok pri normalnoj temperaturnoj razlici tendencija para i aerosola jeste da se podiže uvis.

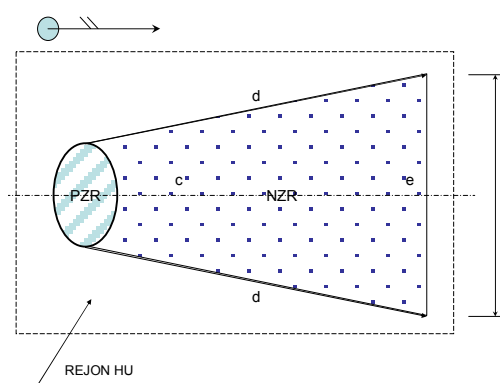
## Rasprostriranje kontaminacije u vazduhu

U zoni hemijskog udesa, u zavisnosti od uslova nastanka i fizičko-hemijskih karakteristika toksičnih jedinjenja, primarni oblak kontaminacije nastaje oslobađanjem para i aerosola (usled eksplozije, požara, slobodne turbulencije ili isticanja tečnosti), nakon čega se (uticajem meteo faktora) rasprostire na određenu daljinu.

Hemijska kontaminacija ljudi, povrede i trovanja mogu biti hroničnog karaktera, a nastaju unošenjem toksičnih jedinjenja u organizam preko respiratornih organa, organa za varenje, kroz sluzokožu i preko kože.

Hemijski kontaminanti u atmosferi, zemljištu i objektima najčešće nisu pristupačni ljudskim čulima. Detekcija se može obavljati pomoću instrumenata i vizuelnim putem a mora biti pravovremena i kvalitetna.

Veoma je važno koliko ima vremena nakon udesa za otkrivanje i prikupljanje odgovarajućih podataka, kako bi se preduzele mere odgovarajuće zaštite i pristupilo uklanjanju posledica.



Sl. 2 – Načelna šema rasprostriranja hemijske kontaminacije:  
*PZR – primarno zahvaćeni rejon;*  
*NZR – naknadno zahvaćeni rejon*

Vreme otkrivanja opasnosti (T) može se izračunati uz pomoć jednačine:

$$T = D / (V_v \cdot 60) \quad (min) \quad (3)$$

gde je:

D – udaljenost od objekta udesa (km);  
 $V_v$  – brzina kontaminiranog oblaka koji stiže do određenog mesta (m/s).

U svakom slučaju, može se zaključiti da je vreme koje je raspoloživo za uzbuđivanje ljudstva veoma kratko, naročito ako se radi o visokotoksičnim jedinjenjima. Mere hemijske zaštite moraju se preduzeti u što kraćem roku, kao i sama evakuacija.

Proračun sigurnosnih odstojanja može se izvršiti na više načina, kao što su:

– poluempirijski prilaz pomoću izraza:

$$L = C^3 \sqrt{M} \quad (4)$$

gde je:

M – masa hemijske supstance (g);  
 C – konstanta (zavisi od prirode toksične supstance);

L – poluprečnik opasnosti (km);  
 – proračun na bazi Gausove raspodele;

– nomogrami rađeni na osnovu „Puff“ modela. Na osnovu poznavanja količine hemijske materije i merenih koncentracija vrlo lako se određuje rastojanje od mesta akcidenta;

– modeli za proračun sigurnosnih odstojanja pomoću računara, pri čemu je uključeno najviše parametara i zbog čega su rezultati najbliži realnima. Poznati je model OME (Ontario Ministry of Environment);

– matematički model za prognozu i procenu kontaminacije atmosfere;

– proračun sigurnosnih odstojanja pomoću modela Slade. U tom modelu koristi se adekvatan izraz za tri stanja atmosfere: neutralno (izotermija), nestabilno (konvekcija) i stabilno (inverzija). Stanje atmosfere određuje se na osnovu vrednosti koeficijenta e, prema sledećem:

$$e = \frac{Dt}{v^2} \quad (5)$$

gde je:

v – brzina vetra (m/s);  
 Dt – temperaturni gradijent (razlika temperatura na visini od 50 i 200 cm od zemlje);  
 e – stepen vertikalne stabilnosti vazduha u prizemnom sloju.

Ukoliko je vrednost e manja od –0,1 stanje atmosfere je stabilno, za vrednosti veće od 0,1 je nestabilno, dok je između te dve vrednosti neutralno.

Proračun sigurnosnih odstojanja h po Sladeu:

$$h = \frac{2 \cdot C_h \cdot B_h \cdot 1000}{M_h \cdot M_z \cdot v \cdot D} \quad (km) \quad (6)$$

gde je:

$C_h$  – koncentracija (mg/m<sup>3</sup>);  
 $B_h$  – količina toksičnog gasa (dm<sup>3</sup>);  
 $M_h, M_z$  – difuzioni koeficijenti (za vazduh i zemljište);  
 v – brzina vetra (m/s);  
 D – toksična doza (mg/kg).

Trajanje opasnog dejstva primarnog i naknadnog oblaka izračunava se prema obrascu:

$$T = \left( \frac{L^2 + 8 \cdot K_o \cdot t}{v} \right) \cdot 0,5 \quad (7)$$

gde je:

$v$  – brzina vetra (m/s);

$T$  – vreme trajanja kontaminacije (h);

$L$  – dužina oblaka (km);

$K_o$  – koeficijent;

$t$  – vreme proteklo od nastanka kontaminacije (h).

Iz jednačine (7) proističe da ako vreme proteklo od nastanka kontaminacije iznosi 24 h, i ako je stvoren toksični oblak dužine 1700 m, pri vetru brzine od 2 m/s, opasnost od primarnog oblaka trajaće 41,5 h.

### Zaključak

Veliki rizici u proizvodnji, transportu, skladištenju i pri korišćenju opasnih i štetnih supstanci po život i zdravlje ljudi, životinja i biljaka mogu nastupiti pri hemijskim udesima. Zato je neophodno stalno preduzimanje preventivnih i obuhvatnih, naučno zasnovanih mera zaštite hemijskih postrojenja, a posebno onih sa namenskom proizvodnjom.

Obezbeđenje od hemijskih udesa u miru zahteva kompleksne mere (monitoring, zaštita, uklanjanje posledica) i reagovanje, tj. odgovor na udes prema unapred pripremljenim planovima odbrane i zaštite. Dostignuti nivo osposobljenosti kadra, popunjenosti i opremljenosti sredstvima ABHO uspešno može razrešiti ove probleme.

Sistem treba da objedini delovanje svih postojećih snaga, sredstava i objekata,

u okviru sistema ABHO (PNHB obezbeđenje Vojske, Služba osmatranja i obaveštavanja, Civilna odbrana i zaštita). Značajno mesto i ulogu ovde imaju službe saobraćajne policije, vatrogasne službe, službe hitne pomoći i dr., kao i jedinice i ustanove roda ABHO, VMA, VTI, TOC, visokoškolske i naučne ustanove, zavodi za zaštitu zdravlja, laboratorije, preduzeća, itd. U sistem bi trebalo da uđu i specijalizovane ekipe preduzeća hemijske industrije.

Planske aktivnosti društva za zaštitu od hemijskih udesa u miru (predviđanje, organizacija, sprovođenje i kontrola mera zaštite životne sredine) realan su i jedini način za prevenciju, kontrolu, zaštitu i efikasno uklanjanje posledica.

#### Literatura:

- [1] Jakšić, S.; Biočanin, R.: Obezbeđenje od hemijskih udesa u miru, Novi glasnik 3–4/96, Beograd, 1996.
- [2] Burton, I.: What happened at Mississauga, Planning emergency response system for chemical accidents, Administrative Guidelines, World Health Organization, Regional office for Europe, Copenhagen, 1981.
- [3] Biočanin, R.; Veselinović, D.; Božović – Simić S.: Uklanjanje posledica hemijskih udesa u železničkom saobraćaju opasnih materija, Naučno-stručni skup III seminar železničke građevinske infrastrukture, Zlatibor, 2000.
- [4] Biočanin, R.: Procena rizika i mere zaštite od akcidenata, Bezbednost br. 5, RMUP Srbije, Beograd, 1991.
- [5] Biočanin, R.: Protection of the human environment in case chemical accident, II regional Symposium CHEMISTRY AND THE ENVIRONMENT, Kruševac 2003.
- [6] Jovanović, L.: Zaštita atmosferskog vazduha (iskustvo Ruske Federacije). XXX savetovanje sa međunarodnim učesćem ZAŠTITA VAZDUHA, Narodna biblioteka Srbije, Beograd 2002.
- [7] Uputstvo za obezbeđenje od N i H udesa u miru, GŠVJ, Beograd, 1988.
- [8] Biočanin, R.: Upravljanje hemijskim rizikom i osiguranje pri transportu opasnih materija, Preventivno inženjersvo br. 1, PREVING A.D. Beograd, 2002.

Miroslav Škorić,  
dipl. oec.  
MUP Republike Srbije,  
Novi Sad

## XIX INFOTECH 2004

– prikaz naučno-stručnog skupa –

XIX naučno-stručni skup INFO-TECH 2004 održan je od 25. do 28. maja 2004. godine u Vrnjačkoj Banji. Skup je otvorio Slaviša Mijušković, pomoćnik ministra nauke i zaštite životne sredine u Vladi Republike Srbije.

Po rečima profesora dr Dušana Starčevića, predsednika Programskog odbora, svaki INFOTECH, pa tako i ovaj devetnaesti po redu, prava je prilika za još jedan važan susret sa poslovnim partnerima, kolegama i prijateljima koje veže ista misija – učiniti ovaj svet boljim mestom za život, koristeći informaciono-komunikacione tehnologije.

Kao i u ranijim prilikama, većim delom ovogodišnjeg skupa dominirale su teme iz oblasti elektronske trgovine, bezgotovinskog plaćanja i fiskalnih kasa, tako da su čak dve kongresne sale bile pretvorene u privremeni izložbeni prostor brojnih proizvođača i distributera fiskalnih kasa i pratećih uređaja. Ipak, čini se da je među učesnicima INFOTECH-a 2004 bilo relativno malo zainteresovanih predstavnika trgovinskih kuća i drugih učesnika u prometu – onih koji su pod obavezom uvođenja fiskalnih kasa.

Profesor dr Zoran Jovanović iz Računarskog centra Univerziteta u Beogradu, u svom uvodnom izlaganju *Gigabit-ska akademska mreža Srbije – premošća-*

*vanje digitalnog jaza*, predstavio je aktuelne događaje i stanje u akademskoj računarskoj mreži SCG. Prema njegovim rečima Srbija je uhvatila „poslednji voz“ za priključenje evropskim informacionim tokovima. Pri tome je kašnjenje u izvođenju radova imalo i jednu pozitivnu posledicu: dobili smo mrežu koja je bolja od onih u zemljama regiona. To bi, svakako, trebalo da bude podsticaj za mlade naraštaje i obrazovno-naučnu delatnost da iskoriste prednosti „brzog“ Interneta, radi uključenja u svetske naučno-istraživačke tokove. Jovanović procenjuje da bi, na taj način, deo visokokvalifikovane radne snage mogao da bude motivisan za ostanak u zemlji i budući rad za razne inostrane, softverske i druge kompanije.

Od brojnih tematskih oblasti u sferi autorskih radova, ističu se sledeće: Informacioni sistemi državnih organa i javne uprave, E-poslovanje, Web portali, CRM, M-poslovanje, Informacioni sistemi preduzeća, Berzanski informacioni sistemi, Geografski informacioni sistemi, Sistemi za podršku odlučivanju, Informatičko društvo, Multimediji, Zaštita u informacionim sistemima, Planiranje, razvoj i održavanje IS, IST primene, Upravljanje procesima, POS aplikacije, Učenje uz pomoć računara, Učenje na daljinu, itd.



U radu pod nazivom: Uvod u elektronski identifikacioni dokument, predstavnici MUP-a Srbije (Ivana Stojanović i dr.) predstavili su planove na uvođenju savremenih rešenja digitalizovanih ličnih karata, kao osnovnih predstavnika tzv. primarnih identifikacionih dokumenata. U skoroj budućnosti, po rečima predstavnika MUP-a, fotografisanje građana će se obavljati na šalterima policijskih stanica i cela procedura ne bi trebalo da traje duže od desetak minuta. Fotografija korisnika, otisak prsta i drugi podaci trebalo bi da budu digitalizovani i utisnuti u ličnu kartu, što bi bio korak ka sprečavanju mogućih zloupotreba.

Poslednjeg dana skupa održan je i tročasovni tutorijal pod nazivom: Radio-amaterske računarske mreže, autora Miroslava Škorića (radio-klub SŠUP u Sremskoj Kamenici). Prisutni su mogli da se upoznaju sa alternativnim načinima uspostavljanja računarskih komunikacija, koristeći radio-amaterske talase kao prenosni put. Pored praktičnog dela seminara, u vezi sa osnovnom tehničkom opremom za „digitalne“ radio-amatere, upozoreno je i na brojne probleme regulatorne prirode koji usporavaju razvoj savremenih telekomunikacija.

Telekom Srbije predstavio je TIS, svoj novi Telekomunikacioni informacijski sistem, zatim korisnički servis pod nazivom „Moj račun“ i savremeno odeljenje za štamparske poslove. Po tvrdnjama iz državnog telekomunikacionog operatera, ranije greške i propusti u vezi sa plaćanjem telefonskih računa, kao i česte pritužbe građana na usluge Telekoma Srbije, smanjene su u poslednje vreme na manju meru. Među prisutnima na INFO-

TECH-u bilo je i drugačijih mišljenja, ali se može oceniti pozitivnim da se razgovara na tu temu.

Predstavnici privrednih komora i poslovnih udruženja istakli su da se Srbija više otvorila prema svetu, tokom proteklog, svetski poznatog informatičkog sajma „SeVIT 2004“. Pod savremenim sloganom „Serbia Reconnected“ u Hannoveru pojavili su se naši predstavnici većeg broja domaćih preduzeća nego ranijih godina.

Jedna od novina na ovogodišnjem INFOTECH-u je i primetnije učešće slovenačkih firmi, koje su u Vrnjačkoj Banji ranijih godina bile manje zastupljene. Prisutni su s pažnjom pratili izlaganja posvećena naporima Slovenije u približavanju Evropskoj Uniji, kao i uključenju u tzv. „informatičko društvo“. Po rečima izlagača, proširenu evropsku porodicu ne treba smatrati idealnim ili nekim „konačnim“ rešenjem, jer ni sama Slovenija nije sigurna u brzinu rezultata i druge efekte svog nedavnog ujedinjenja sa evropskom petnaesticom.

Učesnici INFOTECH-a imali su još jednom priliku da, putem izvlačenja anketnih listića i vizit-karata prisutnih posetilaca, osvoje i neku od vrednih nagrada, kao što su štampači, knjige, paketi sa operativnim sistemima i drugi softveri. U tim prilikama, kongresni prostori bili su znatno posećeniji u odnosu na sekcije sa autorskim radovima, što svakako ide u prilog poslovnim izlagačima, dok nešto manje podstiče rad na pojedinačnim autorskim ostvarenjima. Ali, to je, verovatno, posledica nezadržive komercijalizacije koja poslednjih godina polako osvaja domaće skupove.

**Mr Zoran Filipović,**  
pukovnik, dipl. inž.  
Vazduhoplovni opitni centar,  
Batajnica

## **XLVIII KONFERENCIJA ETRAN 2004**

– prikaz naučno-stručnog skupa –

U Čačku je od 6. do 10. juna 2004. godine održana XLVIII konferencija ETRAN, pod pokroviteljstvom Društva za ETRAN, Tehničkog fakulteta u Čačku, Elektronskog fakulteta u Nišu i Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu.

Konferencija ETRAN je prestižna sa reputacijom najjemenitnijeg stručnog skupa kod nas iz oblasti elektronike, telekomunikacija, računarske tehnike, automatike i nuklearne tehnike. Na konferencijama se tradicionalno izlažu najvredniji rezultati istraživanja pojedinaca i istraživačkih timova u protekloj godini.

Na svečanoj ceremoniji konferenciju je otvorio ministar za kapitalne investicije u Vladi Srbije, Velimir Ilić, predavanjem na temu „Značaj kapitalnih investicija za razvoj privrede u Srbiji“.

Predavanje po pozivu održao je akademik profesor dr Momčilo M. Ristić na temu „Opšti problemi fundamentalnih i tehničkih nauka“.

Program rada konferencije ETRAN 2004 bio je, kao i do sada, sadržajan i obuhvatio je: plenarnu sednicu, 16 stručnih komisija i 51 sednicu.

I ove godine ETRAN je okupio brojne domaće i strane stručnjake. Na ovogodišnjem ETRAN-u prihvaćeno je 345 radova koji su razvrstani u 16 stručnih komisija, i to: Elektronika, Telekomunikaci-

je, Računarska tehnika i informatika, Automatika, Nuklearna tehnika i tehnologija, Akustika, Antene i prostiranje, Veštačka inteligencija, Elektroenergetika, Elektronska kola, sistemi i procesiranje signala, Biomedicinska tehnika, Metrologija, Mikroelektronika i optoelektronika, Mikrotalasna i submilimetarska tehnika, Novi materijali i Robotika.

Treba napomenuti da je ove godine broj izloženih radova bio manji nego na prethodnim konferencijama, i da najbrojniji deo autora izloženih radova pripada mladim istraživačima.

Predstavnici Vojske SCG imali su 29 radova, kojima su uspešno predstavili rezultate istraživanja u Vojnotehničkom institutu, Tehničkom opitnom centru, Vazduhoplovnom opitnom centru i Vojnoj akademiji. Pored toga, stručnjaci Vojske predstavili su radom dve sekcije (telekomunikacije i metrologija).

Učesnici skupa iz Vojske i manji broj sa Beogradskog univerziteta su 8. juna posetili Komandu vazduhoplovne baze Lađevci. Komandant baze prezentovao je namenu i zadatke jedinica koje su u njoj locirane, kao i sve njene značajne objekte. Na aerodromu je prikazana i izložba naoružanja i vojne opreme. Prezentacija i izložba opreme i naoružanja uklapale su se u program naučnog skupa i predstavile

svojevrnsni doprinos Vojske odvijanju ovog skupa. Komanda baze posebno je predstavila simulator leta za obuku pilota na avionu „orao“, ali je ispoljila i zahtev da se neki problemi njenog funkcionisanja istraže u narednoj godini.

Predstavnici Vojske su 10. juna posetili Tehnički remontni zavod Čačak. Direktor zavoda i njegov zamenik su odličnom audio prezentacijom i osmišljenim obilaskom predstavili njihovu namenu i zadatke, a posebno automatizovani informacioni sistem i probleme egzistencije ove ustanove.

Svi učesnici ETRANA su 9. juna posetili šest manastira u Ovčarsko-kablar-

skoj klisuri koji su sagrađeni pre više od dva veka i oslikavaju život srpskog naroda i sudbinu verskih objekata u poslednjoj fazi vladavine Otomanskog carstva na ovim prostorima. Takođe, obišli su i dve hidrocentrale male snage na reci Moravi, koje još uvek egzistiraju i deo su elektroprivrednog sistema Srbije.

Domaćin i organizator konferencije ETRAN 2004 – Tehnički fakultet iz Čačka obezbedio je dobre uslove da se sve planirane aktivnosti odvijaju blagovremeno i na visokom nivou. Dekan fakulteta primio je predstavnike Vojske i izrazio želju za saradnjom sa Vojnom akademijom i strukturama Generalštaba.

**Dr Slavko Pokorni,**  
pukovnik, dipl. inž.  
Vojna akademija,  
Beograd

## VII MEĐUNARODNA KONFERENCIJA DQM 2004

– prikaz naučnog skupa –

Istraživački centar za upravljanje kvalitetom i pouzdanošću iz Čačka, pod pokroviteljstvom Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine Vlade Srbije, 16. i 17. juna 2004. godine organizovao je u Beogradu VII međunarodnu konferenciju „Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću“ DQM-2004. Konferencija se pod ovim nazivom održava od 2002. godine, dok je prethodnih godina organizovana kao naučni skup pod nazivom „Upravljanje održavanjem“. Organizator konferencije je DQM istraživački centar iz Čačka, čiji je osnivač akademik profesor dr Ljubiša Papić, redovni član Akademije za kvalitet Ruske Federacije i dopisni član Inženjerske akademije Srbije i Crne Gore, koji je ujedno i predsednik međunarodnog programskog odbora ove konferencije.

Programski odbor konferencije čini 40 poznatih i priznatih naučnih radnika iz Srbije i Crne Gore i inostranstva (po tri iz Velike Britanije i Rusije, dva iz Španije i po jedan iz Indije, Izraela, Japana, Kanade, SAD i Republike Srpske). Od radova saopštenih na konferenciji komisija programskog odbora bira dva najbolja, jedan iz oblasti akademskih istraživanja, a jedan iz oblasti primenjenih istraživanja u privredi. Autori primaju priznanja i nagrade na narednoj konferenciji. Pored toga, istaknuti radovi se razmatraju i za objavljivanje u

međunarodnom časopisu, na engleskom jeziku, *Communications in DQM*.

Ove godine je od radova saopštenih na prošloj, šestoj konferenciji, u oblasti akademskih istraživanja nagrađen rad dr Miline Živanović sa Saobraćajnog fakulteta iz Beograda, pod nazivom „Geometrijsko modelovanje uticaja vremena čekanja putnika na nivo kvaliteta transportne usluge“, a u oblasti primenjenih istraživanja rad docenta dr Stefana Jankovića iz VZ „Moma Stanojlović“ iz Batajnice i Miroljuba Jovanovića iz JP Aerodrom Beograd, pod nazivom „Održavanje prema stanju vazduhoplovnih gasoturbinskih motora primenom endoskopske dijagnostike“.

Za konferenciju je ove godine prihvaćeno 90 radova, od čega su više od 10% bili radovi pripadnika Vojske SCG. Pored toga, održano je jedno uvodno predavanje, vezano za revitalizaciju rotornog bagera u rudarskom bazenu Kolubara, i pet plenarnih saopštenja, iz oblasti novih dostignuća u robotici, pouzdanosti i procesa stratejskog planiranja i odlučivanja. Od tih pet predavanja tri su bila od autora iz inostranstva (Velike Britanije, Kanade i Španije).

Održan je i seminar na temu „Analiza stabla otkaza“ (*Fault tree analysis*), na kojem je saopšteno pet radova: jedan iz Rusije

i četiri domaćih autora, od kojih je jedan od pripadnika Vojne akademije Vojske SCG.

Konferencija DQM predstavlja forum za prezentovanje novih rezultata razvojnih istraživanja i primena u tri obimne interdisciplinarnе tematske oblasti: *inženjerstvo kvaliteta, inženjerstvo pouzdanosti i konkurentno inženjerstvo*, koje su veoma interesantne i značajne i za Vojsku SCG. Na konferenciji se saopštavaju rezultati istraživanja koji se odnose na bilo koji aspekt inženjerstva u tri oblasti: analize slučajeva, eksperimentalni rezultati ili primene novih ili poznatih teorijskih postavki za rešavanje aktuelnih problema.

Za konferenciju DQM 2004 pripadnici Vojske i Ministarstva odbrane prijavili su 12 radova, od čega 11 referata i jedno saopštenje, što je bilo na nivou prethodne dve godine. Sedam radova (6 referata i jedno saopštenje) bilo je od autora iz Vojne akademije, po dva rada iz Ministarstva odbrane i Vojnotehničkog instituta i jedan iz Vazduhoplovnog zavoda „Moma Stanojlović“.

U oblasti *inženjerstva pouzdanosti* objavljena su četiri rada autora iz Vojske SCG.

Slavko Pokorni (Vojna akademija) koautor je dva rada sa saradnicima sa Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu. Prvi rad nosi naziv „Optimizacija pouzdanosti i raspoloživosti jednog TK sistema promenom položaja redundovanih veza“ u kojem je objavljena analiza pouzdanosti i raspoloživosti telekomunikacionog sistema od šest centrala povezanih u prsten i sa dodatne tri dijagonalne veze, i na osnovu te analize predložena optimalna varijanta. Drugi rad je „Uticaj intenziteta otkaza i opravke na raspoloživosti četiri u prsten povezane telekomunikacione cen-

trale“, u kojem se razmatraju i varijante sa redundovanim centralama i ukazuje na mogućnost optimizacije sistema.

Zoran Ristić, Slobodan Ilić i Aleksandar Kari (Vojna akademija) u radu „Uticaj pouzdanosti na troškove delova naoružanja“ prikazali su način određivanja pouzdanosti cevi naoružanja sa aspekta zahteva izdržljivosti na čvrstoću u međuzavisnosti sa troškovima izrade.

Stevan Janković (VZ „Moma Stanojlović“ i Miroљub Jovanović (JP Aerodrom Beograd), ove godine su izložili rad „Metodologija endoskopske dijagnostike kiseoničke instalacije na avionu“.

Dragutin Jovanović (Vojna akademija) u radu „Mogućnosti unapređenja kvaliteta prevoza opasnih materija železnicom“ definisao je i predstavio dijagram toka, kao jednu od metoda i tehnika unapređenja kvaliteta izveštavanja i intervenisanja pri vanrednim događajima u prevozu opasnih materija železnicom.

U oblasti *inženjerstva kvaliteta* Vlado N. Radić (Ministarstvo odbrane), u radu „Manage Quality – process, techniques and costs“, analizirao je procese, tehnike i troškove kao elemente upravljanja kvalitetom proizvoda i usluga.

Marko Andrejić i Dejan Stojković (Vojna akademija) u radu „Dnevno rukovođenje u funkciji kvaliteta“, koji je u zborniku štampan kao saopštenje, opisali su proces dnevnog rukovođenja u preduzećima, kao i njegovu ulogu u obezbeđenju potrebnog kvaliteta proizvoda, usluga i funkcionisanja preduzeća.

U oblasti *konkurentnog inženjerstva* pripadnici Vojske objavili su 6 radova. Dejan Stojković (Vojna akademija), u radu „Projektovanje strukture procesne or-

organizacije“ objasnio je faze procesa projektovanja kojima se postojeća (funkcionalna) organizaciona struktura transformiše u procesno orijentisanu strukturu koja će efikasno obezbediti realizaciju cilja i zadataka organizacije.

Boban Đorović (Vojna akademija) u radu „Fazi višekriterijumski model izbora strukture organa saobraćajne službe“ primenio je FMM (Fuzzy Multicriteria Methodology) tehniku u rešavanju problema datog u naslovu rada.

Radomir Janković (Vojnotehnički institut) u radu „Simulacija utroška municije do prvog pogotka u sukobu dva tenka“ analizirao je rezultate 10 eksperimenata,

pri različitim vrednostima početnog rastojanja tenkova u iznenadnom sukobu.

Miloš Arsić (Vojna akademija) u radu „Usavršavanje metodologije planiranja saobraćajne službe“ razmatrao je mogućnosti usavršavanja informacionih sistema za podršku planiranja saobraćajnog obezbeđenja.

Ranko Lojić (Ministarstvo odbrane) u radu „Domeni ličnosti i njihova veza sa interpersonalnim odnosima“ postupkom faktorske analize utvrđuje strukturu interpersonalnih odnosa, a zatim Pirsonovim koeficijentom korelacije utvrđuje povezanost između osobina ličnosti rukovodioca i kvaliteta interpersonalnih odnosa u organizaciji.

**Dr Jugoslav Radulović,**  
pukovnik, dipl. inž.  
Ministarstvo odbrane SCG, VKK,  
Beograd

## **NACIONALNA KONVENCIJA O KVALITETU 2004 „KVALITETOM KA EVROPSKIM I SVETSKIM INTEGRACIJAMA“**

– prikaz naučno-stručnog skupa –

U organizaciji JUSK – Udruženja Srbije i Crne Gore za kvalitet i standardizaciju, u kongresnom centru Sava održana je, od 20. do 24. juna, Nacionalna konvencija o kvalitetu 2004 pod nazivom Kvalitetom ka evropskim i svetskim integracijama. Konvenciji je prisustvovalo 842 učesnika iz 25 zemalja. Održano je ukupno osam kongresa i konferencija, od čega su šest bile međunarodne, među kojima i Konferencija Vojne kontrole kvaliteta NVO, pod nazivom Menadžment kvalitetom u proizvodnji NVO. Na Konvenciji je održano ukupno 30 sednica, a prihvaćeno je 137 radova, od kojih je 125 izloženo. Pored visokih domaćih i međunarodnih zvaničnika ovom skupu prisustvovali su i predsednik CIRP-a, profesor dr Francesco Jovane iz Italije i predsednik EOQ-a, Frank Steer iz Engleske.

Konferenciju Menadžment kvalitetom u proizvodnji NVO organizovala je Vojna kontrola kvaliteta NVO, kao inicijator za osnivanje i jedan od osnivača Jusk 1962. godine, i druge strukture Ministarstva odbrane, Vojske SCG i isporučio ci NVO. Prihvaćeno je ukupno 11 radova od kojih je 10 saopšteno – jedan na jedanaestom CIRP Seminar LIFE CYCLE PRODUCT – QUALITY MANAGEMENT ISSUES; jedan kao uvodni rad na V međunarodnom kongresu JUSK-a i 9

na konferenciji JUSK podružnice u Vojnoj kontroli kvaliteta – Menadžment kvalitetom u proizvodnji NVO. Konvenciji su, pored ostalih učesnika, prisustvovali i visoki zvaničnici iz Ministarstva odbrane i Vojske SCG: viceadmiral Mihailo Žarković i general-majori dr Milan Šunjevarić i dr Milun Kokanović.

Na konferenciji su predstavljene sledeći radovi:

– Menadžment kvalitetom tokom životnog ciklusa odbrambenih sistema, pukovnika dr Jugoslava Radulovića (Ministarstvo odbrane – Vojna kontrola kvaliteta NVO);

– Prilog kvalitetu u odbrambenim tehnologijama sa aspekta logističkih potreba, pukovnika dr Branka Đedovića i pukovnika dr Branislava Jakića (Ministarstvo odbrane – Sektor za vojno-privrednu delatnost i Vojna kontrola kvaliteta NVO);

– Ključne razlike između provera QMS i QS, pukovnika dr Jugoslava Radulovića, pukovnika dr Branislava Jakića i potpukovnika Stanislava Lissea (Ministarstvo odbrane – Vojna kontrola kvaliteta NVO);

– Konkurentnost proizvoda vojne industrije sa aspekta uvođenja sistema menadžmenta kvalitetom, pukovnika dr Vlade Radića (Ministarstvo odbrane – Uprava za istraživanje, razvoj i proizvodnju);

– Upravljanje pomoću ciljeva i standardi JUS ISO 9001: bazirani na iskustvu iz DP Zastava oružje, Kragujevac, Slavke Backović-Jeremić (Zastava oružje, Kragujevac);

– Menadžment procesima u proizvodnji i prometu NVO, Svetozara Šutića (SDPR, Beograd) i Marka Bjelice (MAB Kvalitet, Beograd);

– Kontrola specijalnih procesa u DP Zastava oružje, Kragujevac – iskustva iz prakse, Dragana Stamenovića (Zastava oružje, Kragujevac);

– Postupak ispitivanja sredstava NVO u uslovima obezbeđenja kvaliteta primenom standarda za sisteme menadžmenta kvalitetom, Zorana Jovanovića i Slobodana Dželetovića (Tehnički opitni centar KoV, Beograd);

– Poboljšanje merenja karakteristika radio-uredaja automatizacijom putem personalnog računara, Trojana Paralića i Vladimira Bukarice (TRZ Čačak);

– Integrisanje aspekata životne sredine u projektovanje tržišno konkurentnih proizvoda municije u DP Prvi partizan, Svetolika Spasenića (Prvi partizan, Užice);

– An approach to effective facts based decision making, Stanislava Lissea (Ministarstvo odbrane – Vojna kontrola kvaliteta NVO).

Na završnoj plenarnoj sednici Nacionalne konvencije o kvalitetu 2004 svi učesnici bili su jednoglasni u oceni da je to bio najznačajniji skup u oblasti kvaliteta u našoj zemlji koji je održan do sada. Na njemu se pojavio najveći broj učesnika iz zemlje i sveta, prisustvovali su najviši domaći i međunarodni zvaničnici, radovi su prošli strogu međunarodnu recenziju, a oni koji su predstavljeni najbolje su prezentirani. Skup je bio odlično organizovan, jer je plan pripreme i reali-

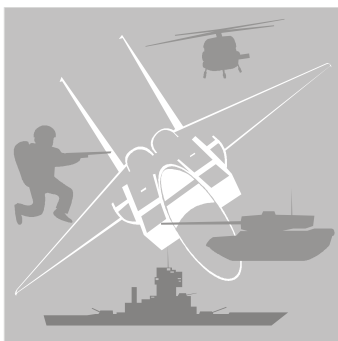
zacije potpuno ostvaren, pri čemu su pomogli i brojni sponzori.

Na završnoj sednici usvojena je i Beogradska deklaracija o kvalitetu, dokument koji predstavlja viziju i misiju Konvencije. Učesnici Konvencije posebno su podržavali projekat „SCG – kvalitet“, a radi njegove najbolje realizacije predložili su: da se rezultati projekta saopštavaju najmanje dva puta godišnje – u junu na Konvenciji JUSK-a i u novembru na Konferenciji JUSK-a; da se lista eksperata za kvalitet javno objavi i da bude proširena ekspertima JUSK-a za pojedine oblasti; da međunarodni eksperti, koji su uključeni u projekat „SCG – kvalitet“, imaju u vidu činjenicu da u našoj zemlji postoji dobra stručna i teorijska osnova iz oblasti projekata, a da težište njihovog rada treba da obuhvati najnovija praktična saznanja; kao i da Vlada Republike Srbije obezbedi mehanizme i sredstva kako bi se što pre realizovao projekat Strateški plan kvaliteta Srbije do 2010. godine, koji je izložen i prihvaćen na Konvenciji.

Učesnici Konvencije, kao i članovi skupštine JUSK-a, odali su priznanje menadžmentu ove organizacije na postignutim rezultatima od skupštine održane 24. aprila 2003. godine do danas. Takođe, podržava se plan razvoja JUSK-a koji je izložen i prihvaćen na skupštini održanoj 15. januara 2004. godine. Konvencija podržava i inicijativu menadžmenta JUSK-a da se podnese zvanična kandidatura za održavanje Kongresa EOQ u našoj zemlji.

Organizacija JUSK-a je Konvencijom neizmerno doprinela jačanju nacionalnog pokreta za kvalitet, kao i porastu njegovog ugleda u svetu.





## savremeno naoružanje i vojna oprema

### PUŠKE BARRETT M468 ZA SPECIJALNE NAMENE\*

Program razvoja puške M468 započeo je 2002. godine kada su počeli da pristižu iz Avganistana izveštaji o zastojima sa municijom SS109.

Konstruktori su se kritički osvrnuli na celokupnu prošlost municije srednje klase, počevši od 7,92 mm German Kurz iz Drugog svetskog rata. Razmatrana je i testirana municija od 6 mm, 6,8 mm, 7 mm i 7,62 mm, ali je konačno zaključeno da municija specijalne namene 6,8×43 mm nudi najbolju kombinaciju preciznosti, ubojnosti i pouzdanosti.

Uređaje za adaptaciju pušaka M4 i M16 uradiće firma Barrett Firearms (poznata po pištoljima cal. 0,50), a drugi proizvođači se pripremaju za proizvodnju pušaka i karabina tog kalibra. Zrno 6,8 mm nije efikasno samo u borbenoj upotrebi, već bi trebalo da bude efikasno i protiv divljači srednje veličine.

Svako ko koristi puške M4 ili M16 ili karabine može koristiti i zrno 6,8×43 mm pomoću gornjih uvodnika Barrett i koji se postavlja na donji uvodnik postojeće puške. Naravno, biće potrebni i od-

govarajući okviri za municiju. Firma Barrett će, uz konverziju delova, ponuditi i novu pušku.

Cevi su proizvedene sa prevlakom od čvrstog hroma, a stepen izolucenosti iznosi 1: 254 mm. Modifikacije za gornji uvodnik vezane su za cev i proširenje cevi, izbacivač i čelo zatvarača.

Nove puške Barrett M468 imaju SIR sistem, klizni adapter koji omogućava ugradnju optike i dodatnu opremu. Sistem SIR omogućava da cev bude „plivajuća“ po celoj svojoj dužini. Oznaka M468 je proizašla iz kombinacije godine uvođenja 2004. i kalibra 6,8.

Pošto je kalibar municije 6,8 mm znatno veći od prethodnog 5,56 mm, spoljni prečnik cevi je povećan a gasni blok je modifikovan.

Kako je puška M468 uglavnom predviđena da se koristi sa optičkim nišanom, otvoreni nišani su sklopljeni izvan nišanske linije. Prednji nišan, koji se koristi za regulisanje elevacije pomoću male alatke koja se daje uz pušku, preklapa se horizontalno i učvršćuje vertikalno. Zadnji nišan je specijalno prilagođen za upotrebu sa SIR sistemom. Na njemu su dva otvora, jedan za upotrebu na velikim udaljenostima, a drugi za blisku borbu.

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, maj 2004.

Takođe, izrađen je i Barrettov prigušivač koji je deo gasnog bloka. Da bi se prigušivač postavio skida se zaštitni prsten i prigušivač se jednostavno postavi – navrne na svoje mesto. Postavljeni prigušivač osigurava se opružnim osiguračem.

Nosač zatvarača je standardan, ali je čelo zatvarača znatno modifikovano, ne samo za smeštaj većeg metka, već i zbog veće pouzdanosti. Oslonci za zabavljanje su modifikovani, izbacivač neznatno uvećan i, za razliku od prethodnog, ima dve jače opruge, jer je jedna ranije izazivala povremene zastoje pri izbacivanju.

*Osnovni podaci za pušku Barrett M468*

– kalibar	6,8 × 43 mm
– funkcionisanje	gasno, poluautomatsko, mogućnost selekcije vatre
– punjenje	skidajući okvir sa 5, 10 ili 28 metaka
– dužina cevi	406 mm (ili po zahtevu)
– izolucenost	1 okret na 254 mm
– ukupna dužina	889 mm
– masa prazne puške	3,9 kg

*Rezultati testiranja pri gadanju*

Municija*	Maks. brzina	Min. brzina	Srednja brzina	Ekstremno rasturanje	Standardna devijacija	Srednje grupisanje
Lot.no 6177	791 m/s	776 m/s	780 m/s	14,6	13	27 mm
Lot.no 6214	804 m/s	787 m/s	796 m/s	17	15	38 mm

\* Gadano sa tri kompleta od 5 metaka, na rastojanju 100 m, pri temperaturi 12°C.

Metak 6,8 × 43 mm ili 6,8 mm SPC (Special Purpose Cartridge) izveden je iz poznatog Remingtonovog metka 0,30, znatno je kraći, ali su mu glava čaure i prečnik ostali isti. U toku razvoja metak 6,8 SPC balistički je ispitivan u standardnom artiljerijskom želatinu. Za ispitivanja je korišćena cev ne kraća od 368 mm. Gubitak početne brzine bio je samo 15 m/s, a ubojnost je bila superiornija od metka 5,56 mm SS109, bez obzira na dužinu cevi iz koje je ovo poslednje zrno ispaljivano.

Ispitivanja su pokazala da je zrno 6,8 mm izvanredno dobro za blisku borbu kada se ispaljuje iz puške M4. Čak i sa cevima dužine 305 mm brzina zrna iznosi oko 781 m/s sa energijom na ustima cevi 1996 J, većom od one koja se postiže standardnim zrnom 7,62 × 39 mm kod kojeg je početna energija samo 1975 J. Ispaljeno iz standardne cevi dužine 406 mm, sa nominalnom brzinom od 792 m/s, zrno 6,8 mm postiže energiju od 2341 J. Pri ispitivanju na 100 m, prosečan proboj za 45 zrna iznosio je 399 mm u 10% artiljerijskom želatinu. Dejstvujući na oklopno telo sa zaštitom nivoa IIIA, metak je prodirao u proseku 178 mm. Zrno se obično raširilo do 11,7 mm, uz približno 40% zadržavanja mase.

Okvir puške M468 je spolja gotovo isti kao kod puške M16, mada je nešto duži i sadrži samo 28 metaka.

Jedna opcija puške je sa holografskim puščanim nišanom, koji koriste američke specijalne snage radi bržeg zahvata cilja, a druga je sa prednjim nosačem za vertikalno svetlo, koje se masovno koristi u vojsci.

Takođe, na pušku može da se postavi Ambi-Catch dodatak, koji je nedavno prilagođen za kanadsku vojsku. Ovaj dodatak se postavlja na levu stranu, omogućavajući strelcu da koristi i levu ruku za oslobađanje okvira.

Rukovanje puškom M468 je izuzetno lako, trzanje je blago i puška je lako upravljiva zbog izvanredne gasne kočnice. Funkcionisanje sa ispaljenih više od 200 zrna bilo je besprekorno, bez ijednog zastoja.

Uzimajući u obzir da su obe puške i njihova municija još uvek u završnoj fazi razvoja, ova performansa bila je izuzetno značajna. Tačnost koja je postignuta pri ispitivanju svrstava ih u red preciznih oružja.

Međutim, zrno 6,8×43 mm armija SAD još nije formalno usvojila, iako postoji veliki pritisak za to. Logistički to bi moglo biti problematično, iako bi trebalo da bude jednostavno prevođenje nazad na kalibar 5,56 mm, ukoliko bude potrebe.

Takođe, postoji i pitanje NATO standardizacije, ali ne bi bilo prvi put da SAD idu ispred NATO. Bez obzira na sve to, municija 6,8×43 mm nudi korisnicima pušaka M16 i M4 i karabinkama znatna poboljšanja uz razumnu cenu.

M. K.



## **ELEKTRIČNE TRANSMISIJE ZA BORBENA VOZILA\***

Koncept potpuno električnog vozila, koje se pojavilo osamdesetih godina prošlog veka, pretpostavljao je da njegove glavne komponente – naoružanje, oprema i pogonski sistemi treba da budu električno pogonjeni ili elektroenergetski podržani. To je još daleko od potpune realizacije, ali je kod nekih delova koncepta došlo do velikog napretka. Posebno elektropogoni, koji opredeljuju koncept potpuno električnog pogona na vozilima, pobuđuju veliki interes u nekoliko zemalja, koje preduzimaju značajne napore za njihov razvoj i implementaciju, kako na guseničnim, tako i na borbenim vozilima točkašima.

### *Sistemi guseničnih vozila*

Razvoj elektropogona za gusenična borbeno vozila najviše je do sada vodila američka kompanija United Defense. U

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, maj 2004.

stvari, počela je rad na njihovom razvoju još šezdesetih godina prošlog veka. Od tada je ova kompanija ugradila električne transmisije u nekoliko guseničnih oklopnih vozila, počevši od oklopnog transportera M113, zatim amfibijskog borbenog vozila AAV7 za Marinski korpus, i kasnije na borbenom vozilu Bradley.

Sistemi ugrađeni na M113 i BFV (Bradley fighting vehicle) predstavljaju početak u primeni hibridnih električnih pogona na oklopnim vozilima, koji kombinuju električni prenos snage sa motorom pogonjenog generatora i električnom energijom akumuliranom u baterijama. Hibridni elektropogoni (HEP) omogućavaju upotrebu manjih motora i efikasnije rukovanje sa njima, a takođe i bešumnu vožnju na kratkim rastojanjima snagom baterija pri isključenom motoru.

Prednosti HEP dovele su do njihove adaptacije za američko-engleski tehnološki demonstrator TRACER/FSCS, koji je razvijan između 1999. i 2002. godine. Iako je ovaj program prekinut, United Defense, kao američki nosilac razvoja, nastavlja sa razvojem i predstavlja ga kao prototip budućeg guseničnog borbenog sistema FCS-T (Future Combat System – Tracked) u sklopu programa američkih budućih borbenih sistema FCS.

Za protekle četiri godine United Defense je izradila tri prototipa za HEP. Jedan od njih je oklopni transporter TTD (Transformation Technology Demonstrator), mase 18 t, koji je predviđen kao mogući naslednik transportera M113. Drugi, kompletiran u junu 2003. godine, predviđen je za top NLOS-C (Non Line of Sight – Cannon), a treći je najnoviji oklopni topovski sistem Thunderbolt, koji je kompletiran u septembru 2003. godine.

Thunderbolt se sastoji od modifikovanog oklopnog topovskog sistema M8 naoružanog tenkovskim topom 120 mm XM291, umesto originalnog topa 105 mm M35, što je rezultiralo i masom vozila od oko 18 t.

Thunderbolt je vredan pažnje i zbog veličine unutrašnjeg prostora nakon ugradnje HEP. Naime, umesto ranijeg dizel motora od 427 kW (580 KS), sada su u kompletu dva vučna elektromotora napred, jedan dizel motor od 220 kW (300 KS) i završni pogoni. U oslobođeni prostor mogu da se smeste četiri osobe ili dodatna municija.

Nedostatak – razlika u snazi motora nadoknađuje se, kada je potrebna maksimalna snaga, energijom iz kompleta od 24 olovnoacidne baterije.

U toku razvoja i ispitivanja ostvarena su mnoga poboljšanja. Jedan od efekata postignut je sa dizel motorom od 187 kW i kompletom od 40 olovnoacidnih baterija snage 187 kW, kada je smanjena potrošnja goriva za 89% u odnosu na standardne M113 sa dizel motorom od 202 kW (275 KS) i hidromehaničkom transmisijom Allison.

Elektrotransmisije svih pogonskih sistema United Defense bile su klasičnog dvolinijskog tipa, koje se sastoje od dva paralelna električna kola sa generatorom pogonjenim motorom do odvojenih motora, od kojih svaki pogoni po jednu gusenicu. Dvolinijski sistemi su se koristili i na svim drugim guseničnim vozilima opremljenim elektropogonima do sada. Međutim, njihovi pogoni nisu bili deo HEP kod kojih se umesto AC indukcionih motora sada koriste novorazvijeni motori sa permanentnim magnetima.

### *Elektromehanički pogoni*

Dvolinijski sistemi, koji su nedavno korišćeni, imaju prednosti u relativnoj jednostavnosti i fleksibilnosti ugradnje. Međutim, sa njima postoji problem kod guseničnih vozila čije upravljanje, da bi bilo efikasno, zahteva veliku količinu energije regenerisane na jednoj gusenici i prenete na drugu. Regenerisana snaga može da bude znatno veća od one koja je potrebna za pogon vozila, i motori koji je prenose moraju biti odgovarajuće veličine. Veličina motora može da se smanji još više nego što je to potrebno za pogon mehaničkih prenosa regenerisane energije, korišćenjem poprečnih osovina do završnih pogona na gusenicama. Najveće prednosti dvolinijskog sistema imaju elektromehaničke transmisije (EMT) na vozilima koja imaju jedan pogonski motor i manji upravljački motor. One mogu da budu smeštene nezavisno od motora i da ih odvajaju od gusenica, čime se omogućava veća efikasnost. Ali, EMT su kompleksnije i manje adaptibilne za vozila za koja nisu namenski projektovana.

Potencijalne prednosti EMT počele su da privlače pažnju osamdesetih godina prošlog veka. Kompanija Renk AG obelodanila je 1997. godine svoj projekat EMT 1100, ali prva EMT je izrađena kao deo švedskog programa SEP za električno pogonjeno višenamensko borbeno vozilo. Implementacija tog programa započela je konstrukcijom probne gusenične šasije sa dvolinijskim sistemom sa indukcionim motorima 2000. godine.

U međuvremenu, zbog interesa za program SEP i upotrebu električne transmisije na platformama za buduće sisteme za brza dejstva, Ministarstvo odbrane

Velike Britanije sklopilo je ugovor sa firmom Alvis Hägglunds za isporuku konstrukcija mobilne opreme za EMT. Namera je bila da se ubrza razvoj elektropogona i uštedi na vremenu. Švedska oprema sadrži dizel motor Steyr od 130 kW koji je isti kao kod oklopnog transportera Bv206S, a namenjena je i za drugi probni primerak iz programa SEP.

Rad na EMT je u proceduri i u Velikoj Britaniji od osamdesetih godina, ali je tek 1997. godine agencija DERA (Defence Evaluation and Research Agency) započela aktuelni razvoj elektropogona. To je nastavila firma QinetiQ, što je dovelo do projekta kompaktne EMT pod oznakom E-X-Drive.

Transmisija E-X-Drive projektovana je za vozilo mase 25 t sa dva motora, ukupne izlazne snage 400 kW koja mogu da imaju i drugačiju hidromehaničku transmisiju Allison X-300. Upoređujući je sa njom, E-X-Drive je za 16% lakša i, što je još značajnije, zauzima 70% manje prostora pod oklopom, čime je postala veoma atraktivna za sve gusenične platforme sistema FRES.

#### *Američka i južnoafrička konfiguracija 8×8*

Prednosti elektropogona još su izraženije kod višenamenskih borbenih vozila točkaša. Nude se mogućnosti ugradnje elektromotora u točkove vozila, što znači da se energija prenosi pomoću kablova, i eliminiše potreba za primenom mehaničkih pogonskih linija sa svim njihovim elementima.

Ugradnja elektromotora u točkove postala je praktično izvodljiva sa razvojem motora sa permanentnim magnetima

osamdesetih godina prošlog veka, kada su izrađena prva dva vozila sa više točkova sa elektropogonom. Jedno od njih bilo je probno vozilo EVT6 6×6 (Electric Vehicle Test Bed), koje je 1986. godine izradila i testirala kompanija GDLS (General Dynamics Land System), a drugo je bilo probno vozilo 8×8 izrađeno u Nemačkoj, čije je ispitivanje započelo 1989. godine. Nijedan od ova dva pionirska razvoja nije nastavljen, ali su se 1999. godine GDLS i National Automotive Center upustili u program razvoja koji je doveo do tehnološkog demonstratora savremenog hibridnog elektropogona 8×8 AHED (Advanced Hybrid Electric Drive). On je završen 2001. godine i posle serije testova i demonstracija danas prolazi dalji razvoj.

AHED je relativno dugačko, niskoprofilno vozilo 8×8, mase od 14,5 do 18 t. Pokreće ga dizel motor od 400 kW, ali dodatnu energiju može da koristi iz litijumjonskih baterija koje mogu da podignu snagu na 625 kW. Vučnu silu generišu motori sa permanentnim magnetom firme Magnet Motor, ugrađeni u točkove, od kojih svaki ima snagu od 110 kW. Jedna od zanimljivih osobina AHED je hibridni upravljački sistem, koji uključuje zaokretanje prednja četiri točka do 10° pri punoj brzini, a pri malim brzinama to se postiže razlikama brzina točkova na suprotnim stranama vozila. AHED može da izvede i zaokret u mestu, koji se lako izvodi podizanjem prednjeg i zadnjeg para točkova pomoću podešavajućeg hidropneumatskog ovešenja.

Upravljanje sa prednja četiri točka nije uobičajeno kao kod drugih vozila 8×8. Ovde se dva točka sa svake strane

zaokreću za isti ugao, pa je moguće oko njih obmotati i gusenice. Kako se gusenice mogu staviti i na druga dva neupravljana točka sa svake strane, AHED se može transformisati u četverogusenično vozilo za operacije po teškim terenima.

Potpuno različito vozilo 8×8 sa elektropogonima razvijeno je u Južnoj Africi. Vozilo ima masu 28,5 t i prvobitno je bilo namenjeno za izvidanje, da bi zatim bilo transformisano u demonstrator za borbeno vozilo sa elektropogonom CVED (Combat Vehicle Electric Drive).

Program CVED započet je 1993. godine, a njegov završetak očekuje se krajem ove godine. Slično kao kod AHED, CVED pogoni dizel motor MTU 6V 199 od 450 kW i koristi motore Magnet Motor koji su ugrađeni u glavčinama točkova.

CVED će imati komplet NiMH (Nickel Metal Hydride) baterija, koje imaju veću energetske gustoću od olovno-acidnih baterija, ali ne i tako visoku kao litijum-jonske. Očekuje se da će akumulirana energija biti dovoljna za samostalni pogon vozila u dužini oko 5 km.

Kada se završi, CVED bi trebalo da obezbedi korisne podatke za upoređenje parametara za oklopna vozila sa mehaničkim i elektropogonom. Procenjuje se da bi se masa mogla smanjiti za 1,8 do 2,5 t, a operativni radijus povećati od 800 do 1200 km.

Kompanija United Defense je 2002. godine izradila i jedan tehnološki demonstrator 8×8 sa HEP sistemom. Pod oznakom FCS-W ovo vozilo, mase 14,5 do 20 t, ima turbinski pogonjeni generator i komplet baterija, ali električna struja sa njih nije vođena ka motorima u 8 točkova. Umesto toga, struja je pohranjena u

indukcioni motor koji zatim pogoni točkove preko konvencionalnih mehaničkih prenosa sa diferencijalima i osovinama, tako da projekat CFS-W nema prednosti koje nudi HEP. S druge strane, upotreba postojećih osovina Timoney i modula ovešenja omogućava da se vozilo izradi za manje od 8 meseci i brže testira u kombinaciji sa gasnom turbinom i elektropogonom.

U vozilo FSC-W ugrađena je gasna turbina Haneywell 131-9 od 294 kW, koja je korišćena na avionu Boeing 737. Njena kombinacija sa elektropogonom smatrana je atraktivnom za duže vreme i imala je nekoliko uspešnih primena. Ipak, nije pokazana superiornost gasnih turbina nad dizel motorima, čak i kada se kombinuju sa električnim transmisijama.

#### *Francuska, švedska i engleska vozila 6×6*

Francuska armijska ustanova ETAS počela je da podržava izučavanje elektrotransmisija za potrebe oklopnih vozila od 1985. godine. Do sada je Giat Industries razvila jedan demonstrator EDD (Electric Drive Demonstrator), koji je prošle godine pobedio na konkursu Agencije za naružanje Francuske. Razvoj EDD je još u toku, a njegova konstrukcija biće završena nakon ispitivanja krajem 2005. godine.

EDD treba da bude točkaš 6×6, mase 17 do 18 t, sa hibridnim elektropogonom. Slično vozilima AHED i CVED pokreće dizel motor MTU 6V 199 i koristi motore Magnet Motor sa permanentnim magnetima u glavčinama točkova sa jednobrzinskim reduktorima. Slično kao CVED, koristi i NiMH baterije, jer su litijumske znatno skuplje.

Za razliku od AHED i CVED, EDD je relativno kompaktno vozilo, sa razmakom između točkova 3,2 m i ukupnom dužinom 6,1 m, što mu omogućava dobru pokretljivost u urbanim sredinama i na ograničenim prostorima. Uprkos tome, predviđa se da prevozi 8 ljudi uz dva člana posade. Opremljeno sa odgovarajućim naoružanjem, EDD bi moglo da postane prototip budućeg borbenog vozila točkaša za francusku armiju.

Vozilo 6×6 sa elektropogonom već je izrađeno u Švedskoj u sklopu programa SEP. Probna šasija je čak kompaktnija od EDD jer je dužine 5,9 m i širine 2,8 m. Inače, razlikuje se od prethodna tri demonstratora po dve osnovne karakteristike. Jedna je da ih pogone ne jedan već dva dizel motora. To su WV dizel motori zapremine 2,3 l, od 130 kW koji su ugrađeni na prednjem delu vozila. Druga glavna razlika je što su umesto motora Magnet Motor i glavčine točkova ugrađeni motori sa permanentnim magnetima koje je razvila engleska firma QinetiQ u saradnji sa firmom Magnetic System Technology (MST). Motori MST nisu u kombinaciji sa jednobrzinskim reduktorima već dvobrzinskim, koji omogućavaju smanjenje dimenzija motora, ali povećavaju kompleksnost pogonskog sistema na svakom točku.

Motori koje je izradila firma MST projektovani su za tehnološki demonstrator HED 6×6, koji je deo programa razvoja Ministarstva odbrane Velike Britanije. Demonstrator nije oklopno vozilo već kamion koji je sličan kamionima sa konvencionalnim mehaničkim prenosom. Izrađen je 1995. godine i svestrano testiran, što je dalo dobru osnovu za procenu performansi demonstratora HED.

Demonstrator HED ima masu 18 t i pokreću ga dva WV dizel motora kao kod švedskog vozila. Uz generatore na njemu se nalaze i dve baterije visoke energetske gustine sa snagom od 80 kW. Projektovanje i konstrukcija demonstratora HED poverena je timu iz firme QinetiQ, a njegovo sklapanje je završeno. Konačan izveštaj o završetku očekuje se 2005. godine. Zaključci zajedno sa rezultatima ispitivanja elektromehaničkih transmisija za gusenična vozila, biće glavni putokaz pri izboru pogona za platforme budućih vozila za brza dejstva FRES, od kojih se prva očekuju u 2009. godini.

M. K.



#### **KLJUČNI ELEMENTI BUDUĆIH BORBENIH SISTEMA ARMIJE SAD\***

Armiju SAD krajem godine očekuju ključne odluke o brojnim aspektima vezanim za program budućih borbenih sistema FCS (Future Combat Systems), vrednog više milijardi dolara. Tu spada i odluka o tome da li će FCS biti točkaši ili guseničari, i da li će imati konvencionalnu ili električnu transmisiju. Očekuje se da najviše verzija budu gusenične. Međutim, neke od verzija, kao što je komandno i kontrolno vozilo (C2V) i vozilo za medicinske tretmane i evakuaciju, mogle bi da budu točkaši.

Borbeni transporter pešadije ICV (Infantry Carrier Vehicle) biće naoružan najmanje sa topom 30 mm, a možda i topovskim sistemom MK44, koji je mornarički korpus već adaptirao za svoje ekspediciono

\* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 14. april 2004.

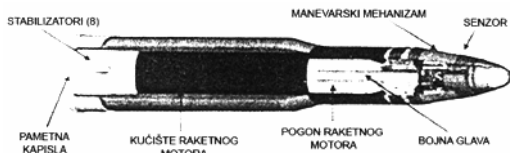
borbeno vozilo. ICV bi mogao da bude nao-  
ružan i topom 40 mm, ako to bude traženo.

Kao montažni borbeni sistem kori-  
stiće se oruđe 105 mm ili veće, poput  
oruđa 120 mm. Uz mogućnost neposred-  
nog gađanja, ono će imati mogućnost ga-  
đanja preko linije nišanja municijom  
srednjeg dometa MRM (Mid-Range Mu-  
nition). Razmatra se da to bude municija  
za sve vremenske uslove, sa početnim  
dometom od 2 km do 12 km (16 km).  
Kompanija ATK predlaže municiju  
MRM sa kinetičkim dejstvom. Kod nje je  
na vrhu zrna ugrađen tragač za zahvat ci-  
lja, a bojnou glavom se manevriše, ako  
je to potrebno, u završnoj fazi leta zrna.  
Osam krilaca koja se nalaze na zadnjem  
delu, šire se čim municija napusti cev.

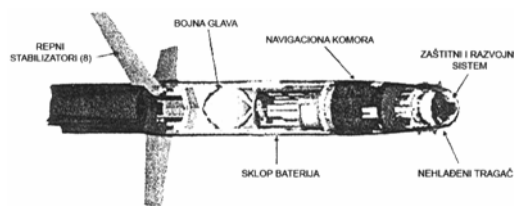
Raytheonova konstrukcija MRM  
ima na vrhu ugrađen IC tragač, a na repu  
se nalazi šest stabilizujućih krilaca. Završni  
manevr predviđen je za napad iz gornje  
polusfere, što će omogućiti protivtenkov-  
skim bojnim glavama dejstvo po najose-  
tljivijim površinama gađanih vozila.

Oruđa za posredna gađanja biće 105  
mm ili 155 mm, ali je armija SAD već  
prihvatila municiju 155 mm, uključujući  
projektil, modularna punjenja i upaljače.

Neki elementi FCS su zamenjeni ili  
je odluka o njima odložena. Uloga koja  
je namenjena vozilu FCS za održavanje i  
izvlačenje biće sada obuhvaćena vozi-  
lom-dizalicom 8×8 M984A1.



Sl. 1 – ATK municija srednjeg dometa kinetičkog  
dejstva



Sl. 2 – Raytheon municija srednjeg dometa sa  
dejstvom hemijske energije

Vozilo za višefunkcionalnu logistič-  
ku opremu MULE (The Multifunction  
Utility Logistics Equipment) i dalje je  
zadržano.

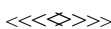
Krajem prošle godine General Dyna-  
mics i United Defense zaključili su ugo-  
vore za razvoj FCS sa posadom. General  
Dynamics će razviti montažne borbene si-  
steme MCS, komandno vozilo C2V i izvi-  
đačko osmatračko vozilo. United Defense  
će razviti druga sredstva, uključujući bor-  
beno vozilo pešadije, minobacač i top za  
posredno gađanje, vozila za medicinski  
tretman i eventualno MRV.

Detroit Diesel Corporation/MTU  
nudi drugi dizel motor kao mogućnost  
ugradnje u FCS. Prošle godine kompa-  
nija je promovisala svoj motor V6 890  
HPD (High Power Density). On bi mo-  
gao da se koristi sa konvencionalnom  
ili električnom transmisijom, a izlazna  
snaga mu je 552 kW (750 KS). Verzija  
motora V10 HPD već je odabrana za  
novo nemačko borbeno vozilo pešadi-  
je Puma, u kompletu sa konvencional-  
nom automatskom transmisijom. Kom-  
panija je razvila kompaktni četvoroci-  
lindrični linijski motor 4L890 sa izla-  
znom snagom 413 kW (560 KS). Pro-  
jektovan je tako da može da se poveže  
direktno sa montažnim kompaktnim  
generatorom namenjenim za električne  
transmisije.



Armija SAD je prošlog oktobra tražila ponude za motore FCS od tri proizvođača: Diesel Corporation/MTU (HPD dizel), Honeywell (LV 50 turbina) i Ricardo/Cummins (šestcilindarski dizel). Jedan od ta tri motora mogao bi da bude odabran za dva laboratorijska motora, posle čega bi usledili šest prototipskih motora do avgusta 2005. godine.

M. K.



## SISTEMI ZA NBH DETEKCIJU\*

Industrija koja proizvodi sisteme za hemijsku, biološku, radiološku i nuklearnu (HBRN) zaštitu je pred velikim izazovima, jer države traže da se zadovolje zahtevi za detekciju nekonvencionalnih pretnji, kako na ratištima, tako i na vlastitoj teritoriji.

U Ratu u zalivu 1990–1991. godine došli su do izražaja neki nedostaci NBH zaštite, metoda detekcije i opreme koju su koristile koalicione snage. Teroristički napadi na civilne centre dali su dodatni zamah naporima da se vojnicima na bojištu omogući da prvi koriste savremenu tehnologiju za detekciju.

U toku protekle dekade mnoge zemlje su napredovale u razvoju novih tehnologija detekcije radi zaštite svojih snaga od širokog spektra HBRN pretnji. Kanada, Francuska, Nemačka, Velika Britanija i SAD su vodeće u mnogim tehnologijama. Zemlje Centralne i Istočne Evrope, kao što su Češka i Slovačka, Mađarska, Poljska i Rumunija, takođe, imaju reputaciju za tehnike detekcije još iz vremena hladnog rata. Izrael poseduje dugo-

godišnju hemijsku i biološku zaštitu i detekciju zbog potrebe stalne gotovosti za dejstvo protiv upotrebe hemijskog i biološkog oružja.

Jedan od najznačajnijih napredaka u tehnologiji detekcije dogodio se u obradi signala i prezentaciji opasnosti. Revolucija u elektronici omogućava kombinovanje nekoliko postojećih tehnologija, kao što su obrade signala u okviru jednog detektora. Na primer, NBH izviđački sistem M93A1 (NBCRS) koji je na upotrebi u Armiji i Marinskom korpusu SAD, jeste namenski sistem za detekciju nuklearnog i hemijskog oružja, za upozorenje i uzimanje uzoraka, a ugrađen je na brzohodni oklopni transporter visoke prohodnosti. Izviđački sistem NBCRS, koji su proizveli američki General Dynamics i nemački Henschel Wehrtechnik, poboljšana je verzija za američku vojsku nemačkog izviđačkog vozila TPZI Fucks. On može da detektuje i obeleži hemijsku i nuklearnu kontaminaciju, dok je posada u vozilu zaštićena sistemom za stvaranje natpritiska. Pored toga, ovaj sistem automatski integriše informacije o kontaminaciji dobijene od senzora sa navigacionih i meteoroloških sistema. Zatim se, rizična upozorenja brzo prenose pomoću centralnog procesora za obradu podataka.

NBCerberus je američko-engleski novi koncept samostalne detekcije i identifikacione tehnologije, kombinovane u jednoj celini za stalni nadzor atmosfere oko položaja ili na pojedinačnoj lokaciji.

Razne vrste veza mogu da se koriste za slanje informacija sa NBCerberusa, uključujući radio, mikrotalase i žičane veze ili optičke kablove. Ceo sistem može da se smesti u kontejner, mali kombi ili prikolicu. NBCerberusu nisu potrebne

\* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 14. april 2004.

pripreme jer funkcioniše na principu „plug and play“ (uključi i radi). Ovaj uređaj je uveden u upotrebu prošle godine, i za sada ga koriste samo oružane snage Velike Britanije.

### *Hemijska detekcija*

Upotreba nervnih agensa protiv ciljeva na površini do 12 ha može, pod određenim vremenskim uslovima, da stvori opasnu zonu dužine do 100 km. Tehnologija za otkrivanje hemijskog oružja razvijenija je nego ona za biološke agense. Danas je težište na nalaženju puteva za minijaturizaciju uređaja za hemijsku detekciju.

Prvi, masovno proizvedeni pouzdani ručni instrument za detekciju nervnih otrova i plikavaca bio je CAM (Chemical Agent Monitor) firme Smiths Detection. Njegova poboljšana varijanta ICAM ili CAM2 je pouzdanija i pogodnija za održavanje. Poboljšanja obuhvataju mogućnost detekcije krvnih otrova i zagušljivaca, istovremenu detekciju nervnih otrova i plikavaca, samokontrolu i maksimalnu zaštitu.

Laki hemijski detektor LCD, takođe iz firme Smiths Detection, funkcioniše kao lokalni alarm za individualnu upotrebu ili manje grupe vojnika. Može da bude ručni ili prikačen za uniformu, i da obavlja detekciju, identifikaciju i razlikovanje tipova agensa hemijskog oružja.

Neke zemlje, posebno SAD, gledaju na krilate, balonske ili bespilotne letelice kao na mogućnost za ostvarenje nadzora i za upozorenja na opasnosti ove vrste. Sjedinjene Države istražuju upotrebu mikroletelica, kao daljinskih izviđačkih uređaja, koji su veličine šake ili manji.

Sistemi za hemijsku detekciju mogu da se ugrade na vozila u sastavu jedinica, na pravcima mogućih opasnosti, s nametom da snime hemijske agense i mapiraju oblake sa hemijskim agensima. Takav je detektor JCAD razvijen u SAD za potrebe njihove vojske. Detektor JCAD sadrži IC spektrometar, a obezbeđuje kombinovani portabl monitoring i detektore za avione, brodove, samostalne i individualne vojničke aplikacije. Kao prvi sistem za hemijsku detekciju koji obezbeđuje pokrivanje prostora za 360° sa zemaljskih, vazdušnih i platformi na moru, na udaljenosti preko 5 km, JCAD će obezbeđivati vojnicima rano upozoravanje radi izbegavanja kontaminiranih prostora ili, ako izbegavanje nije moguće, vreme potrebno da se preduzmu mere zaštite.

Automatski hemijski detektor-alarm ACADA (engleska oznaka GID-3) obezbeđuje detekciju plikavaca, povećanu osetljivost, poboljšano vreme reagovanja i otklanjanje smetnji, a može da radi neprekidno. Pored toga, ima prednost jer može da detektuje iperit i nervne agense, a ima i manji impulsni alarm koji reaguje na mnoštvo poznatih ometača, poput benzinskih i dizel izduvnih sistema.

Detekcija nervnih agensa bila je duže vreme specijalnost čeških oružanih snaga. Češke jedinice NBHO učestvovala su u Zalivskom ratu, a i danas su u sastavu koalicionih snaga u Iraku. Češka kompanija Oritest razvila je Detehit, jednostavno sredstvo za detekciju nervnih bojnih otrova i sličnih inhibitora. Princip Detehita je u biohemijskoj reakciji inhibitora (acetylcholinesterase) sa govedeg moždanog tkiva imobilisanog na celuloznom platnu. Nervni agensi i združeni

hemijski produkti smanjuju aktivnost inhibitora. Step en aktivnosti redukcije zavisi od toksičnosti, doze i vremena uticaja inhibitora. Detehit detektori isporučuju se kao trake ili cevčice, i koriste se u Češkoj i drugim istočnoevropskim armijama.

Izraelski Institut za biološka istraživanja usmerio se na razvoj hemije detektora (reagensi, trajnost čuvanja), uzorkovanje vazduha, eksperimente osetljivosti, mehanike i elektronike uređaja. Ovaj institut razvio je komplet za hemijsku detekciju CDK koji detektuje nervne agense i plikavce.

Izraelska kompanija Power Paper učinila je nov napredak u tehnologiji koja će povećati prenosivost uređaja. Odbacivanjem konvencionalnog kućišta, radi smanjenja mase i zapremine, osnovne komponente mogu da se impregniraju na običan papir.

### *Biološka detekcija*

Industrija sredstava za bio-detekciju porasla je nakon učestalih pošiljki antraksa u SAD u oktobru 2001. godine i narednih masovnih prevara. Međutim, to je već bilo u prioritetu za mnoge države s razvijenim mogućnostima NBHO, koje su strahovale da bi Irak mogao da koristi biološka sredstva u Zalivskom ratu i Iračkoj kampanji. Njihov cilj je da razviju tehnologije za povećanje osetljivosti, brzine reagovanja, selektivnosti i specifičnosti pri detekciji ovakvih opasnosti.

Biološki detektori se mnogo teže usavršavaju nego hemijski. Oba tipa detektora zahtevaju uzorke vode, zemljišta ili vazduha. Pored toga, sistemi

za biološku detekciju moraju da uzorkuju veliku količinu vazduha iz atmosfere. Neophodni su sofisticirani uređaji za upravljanje i prikupljanje uzoraka da bi se obezbedila dovoljna količina patogenih materijala radi identifikacije. Tehnike za ubrzanje procesa reakcije antitela i patogena uključuju imunotest i biotest, koji su opšti za sve sadašnje sisteme. Mada je vreme detekcije smanjeno na pet minuta, spektralna i laserska jonizujuća tehnika ubuduće mogu da ponude bolja rešenja.

Od sistema koji su na upotrebi poznat je američki sistem za biološku detekciju na velikim rastojanjima LR-BSDS. On za detekciju koristi lasersku tehnologiju LIDAR (Light Detection and Ranging), tako što snima i mapira velike aerosolne oblake sa česticama većim od jednog mikrona na udaljenosti od 30 km. Sistem razlikuje veštačke od prirodnih aerosolnih oblaka.

Od 1998. godine oružane snage Velike Britanije koriste prototip sistema za biološku detekciju PBDS, koji je izrađen na bazi uspešno korišćenog sistema BDS (Biological Detection System) u Zalivskom ratu 1990–1991. godine. Sistem PBDS otkriva agense biološkog oružja serijom ispitivanja vazduha. Prvi proces je kolekcija, a u drugom se čestice iz vazduha veličine 2 do 10 mikrona, pažljivo istražuju pomoću tehnike za razlaganje svetla. Nakon toga, luminometar meri prikupljene čestice i određuje prisutnost bioloških materija. Sistem može da podrži i druge nezavisne uređaje za uzorkovanje, kao i analizu u laboratoriji. Standardna armijska oprema za detekciju smeštena je u kamionu nosivosti 4 t.

Naslednik PBDS, koji se razvija od 1999. godine, jeste IBDS (Integrated Biological Detection System). On će obezbeđivati jedinstvenu mogućnost detekcije putem identifikacije bioloških agensa i stvaranja bezbednih uzoraka za naknadne laboratorijske analize. Ugrađen je na teški višenamenski visokoprophodni kamion, koji se transportuje avionima C-130, a može da funkcioniše i demontiran sa vozila. Njegova oprema za detekciju uvezuje sortiranje aerodinamičnih čestica, bioluminiscenciju–fluorescenciju, protočnu sitometriju, masovnu spektrometriju i imunotestne tehnologije. IBDS je već na upotrebi u vojsci Velike Britanije.

Biološki detektor, koji su razvili i ispitali firma Smiths Detection i Komanda za hemijsku i biološku odbranu Armije SAD, jeste prenosni sistem koji identifikuje specifične biološke agense i nivoe njihove koncentracije. On može istovremeno da otkrije do osam različitih agensa pomoću imunotestova, obezbeđujući automatsku detekciju i identifikaciju.

Istraživači Tehnološkog instituta Technion-Israel razvili su novu metodu koja uspostavlja genetičke markere za bakterije u vodi, hrani i biološkim i medicinskim uzorcima. On koristi genetički materijal u bakterijama, kao što je E.coli, za njihovu brzu i tačnu identifikaciju. Takođe, brzina procesa detekcije čini ga korisnim u traganju za kontaminatima od potencijalnih terorističkih akcija.

### *Radiološka detekcija*

Radiološki detektori moraju da razlikuju prirodnu radijaciju od one koju emituju improvizovana nuklearna ili ra-

diološka sredstva. Novi detektori projektovani su da otkriju i alfa radijaciju koja bi mogla da potiče od plutonijuma koji se koristi u nuklearnom oružju, kao i gama radijaciju, koja može da bude emitovana sa radioizotopa kakav je cezijum 137 i tipičan radioizotop koji se koristi u radiološkim disperzivnim uređajima RDD (Radiological Dispersal Device).

Nova tehnologija radiološke detekcije kombinuje tradicionalnu GM (Gajger Miler) tehnologiju sa drugim tehnologijama, a konstruktori nameravaju da ih objedine u formu terenskog detektora. Jedan od takvih je kanadski detektor GR-135 Survey Meter za identifikaciju radionukleusa i gama zračenja. Za otkrivanje alfa i beta radijacije razvijena je tranzistorska tehnika koja koristi ultratanke (manje od 1 mikrona) slojeve silikona. Ta tehnologija mogla bi konačno da zameni tradicionalnu GM tehniku.

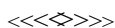
Novi lični dozimetri danas su 50 puta osetljiviji od termoluminiscentnih i oko 200 puta od starih filmskih dozimetara. Ubacivanje podataka o radijaciji direktno u mrežu omogućava mnogo bržu prezentaciju podataka do komande.

Danas se u detekciju ulaže više od bilo koje druge oblasti NBH tehnologije. Posebno dinamičan rast uočava se na području biodetekcije, jer otkrivanje bioloških agensa pruža veće izazove. To se posebno odnosi na SAD, koje su u sadašnjem budžetu za razvojne projekte zaštite države od bioterorizma predvidele sedam milijardi dolara.

Dok SAD i Evropa angažuju značajna sredstva za NBHO, i druge zemlje nameravaju da uključe, makar i u ograničenoj formi, u svoje oružane snage posebne

jedinice za detekciju. Poboljšani metodi detekcije mogu samo pojačati mogućnosti oružanih snaga i smanjiti njihove gubitke.

M. K.



## KONCEPT BUDUĆE NENUKLEARNE PODMORNICE\*

Grupa mornaričkih arhitekata i inženjera BMT Defence Services iz Velike Britanije izložila je, u glavnim crtama, koncept buduće nenuklearne podmornice, koja bi trebalo da menja veličinu zaronjenog dela, i da pri tranzitu ka udaljenim ratištima ima mogućnost brze plovidbe u poluzaronjenom položaju.

Projektni koncept usvaja konstrukciju novog hibridnog pogona, uključujući gasnoturbinske alternatore, radi ostvarenja, brzine i izdržljivosti znatno većih od onih koje se danas postižu na konvencionalnim podmornicama.

To bi trebalo da omogućiti podmornici da poluzaronjena prelazi po nekoliko hiljada milja brzinom od 20 čvorova, a zatim da dejstvuje sasvim zaronjena, koristeći gorivne ćelije ili pogonske baterije, za preko 30 dana borbe na ratištu.

Koncentrišući se na specifične potrebe operatora podmornice sa „superregionalnim“ ili čak, globalnim razvojem, koncept pokušava da izbalansira zahteve za pokretljivost i „steltnost“. Ističe se da su projektom predviđene tehnologije dovoljno zrele za period od 2010. do 2012. godine, npr. sve tehnologije pogona i motora već su u aktivnom razvoju i trebalo bi da budu snažna poluga kontinuiranog ulaganja i za komercijalni transportni sektor. To bi, po nekom redosledu, trebalo da se koristi od 2015. godine.

\* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 3. mart 2004.

U razvoju koncepta podmornice, pretpostavljeno je da su tranziti najčešće u mirnim vodama, gde podmornice neće biti u ozbiljnoj i stalnoj opasnosti koja bi zahtevala potpunu prikrivenost.

Iako spoznaja da se izdržljivosti nenuklearne podmornice pri punoj brzini ne može konkurisati, u BMT veruju da bi njihov energetska pogon trebalo da omogućiti karakteristike pokretljivosti približne nuklearnim brodovima, bez ugrožavanja ronećih taktičkih performansi ili izlaganja bilo kojim troškovima koji prate nuklearni pogon.

Rols-Rojs je obezbedio konsultantsku podršku za projektovanje energetskog pogona. To bi trebalo da bude vazduhom napajajući element, koji koristi gasno-turbinske alternatore ili savremene gorivne ćelije, stelni sistem pogona nezavisan od vazduha AIP (airindependent propulsion), koji koristi savremene gorivne ćelije i Zebra Sodium Nickel Chloride baterije za podvodnu vožnju.

Dvostruki gasnoturbinski alternatori smešteni su na vrhu kormila, na kojem su smešteni i izduženi jarbol za uvođenje vazduha, komunikacijske antene i površinski senzori.

U režimu brzog tranzita podmornica je poluzaronjena sa jarbolom sa opremom isturenim oko dva metra iznad vode. Odabrani oblik trupa ima uski gornji omotač, a najveća širina mu je ispod težišta oklopa, radi minimiziranja površine na koju deluju talasi, pri čemu se ne ugrožavaju performanse ronjenja.

Usvajanje gasnoturbinskih alternatora velike brzine znatno štedi na masi i prostoru. Smatra se da će se pažljivim projektom jarbola sa opremom minimizirati i uzimanje vode u gasnoturbinskim

alternatorima. Kućište opreme na jarbolu treba da bude dovoljno robustno da izdrži kratkotrajno ronjenje.

Za manje skrivena ali lakša tranzitna kretanja sve pogonske i druge energetske potrebe obezbeđivaće skup gorivnih ćelija. Gorivne ćelije koriste snort jarbol za vazduh, a u njima se odvija reakcija vodonika i kerozina, koji se nalazi u spoljašnjim spremnicama za gorivo, ugrađenim ispod omotača.

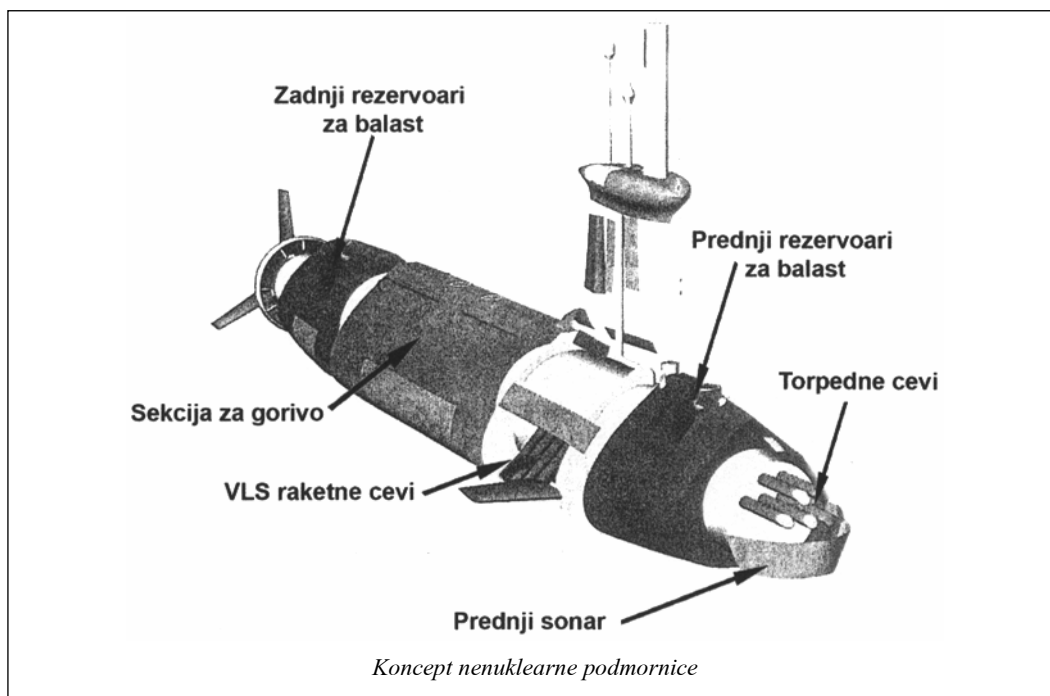
Kratkotrajni sprintovi, brzinom do 30 čvorova, mogući su uz upotrebu baterija Zebra, koje služe i za poravnanje opterećenja pri radu sa gorivnim ćelijama ili gasnim turbinama. Usvajanjem zajedničkog goriva i opreme za dobijanje energije u svim režimima, podmornica bi trebalo da postigne značajnu fleksibilnost u brzini i izdržljivosti između tranzita i vremena kada je na stajalištima.

Kanalisani mlazni propulzor usvojen je radi izbegavanja kavitacionih efekata, koji se susreću kod elisnih pogona, pri velikim brzinama i snazi.

Hidrodinamičke upravne površine čine tri krmena hidrokrla, urađena tako da onemogućavaju podmornici da dosegne dno, i leđno kormilo na repnom delu, koje je namenjeno da poboljša manevrisanje pri malim brzinama i suprotstavi se sklonosti ka „naglom kotrljanju“.

Nacionalni borbeni sistem za SSGT sadrži: savremeni sistem za borbeno upravljanje, integralnu sonarnu opremu, ESM, neprobojne optroničke jarbole, elektrooptički osmatrački sistem, i ekstenzivnu komunikacijsku opremu sa EHF satelitskom komunikacijom.

Za opremanje fleksibilnim naoružanjem kombinuje se šest torpednih cevi 533 mm i osam nagibnih lansirnih cevi za napad na kopno i protivbrodske rakete.

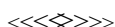


Komora za šest osoba za specijalne snage i prostor za opremu nalaziće se između hermetičkog oklopa i donjeg kućišta, dok bi bespilotna podvodna sredstva trebalo da se upućuju iz skloništa na gornjem kućištu. Široka automatizacija borbenih sistema na platformi i prihvatanje električne arhitekture trebalo bi da omogući rad podmornice sa posadom od 25 ljudi.

Glavne karakteristike podmornice

Ukupna dužina	80,8 m
Maksimalna širina	11,4 m
Prečnik hermetičnog oklopa	7,6 m
Zaronjeni deplasman	4195 t
(minimum na kraju zadatka)	3570 t
Površinski deplasman	3700 t
(minimum na kraju zadatka)	3075 t
Posada – članova	25
Pokretljivost:	
Maksimalna brzina sprinta (zaronjena na baterije)	30 čvorova
Tranzit velikom brzinom (poluzaronjena na gasne turbine)	20 čvorova
Standardni tranzit	10 čvorova
Maksimalna stalna AIP brzina	10 čvorova
Maksimalni tranzitni domet	6000 naut. milja, 20 čvorova, ili 13 000 milja, 10 čvorova
Tipičan zadatak	2500 milja, 20 čvorova 28 dana u režimu AIP po zadatku, 5 čvorova povratak u bazu, 10 čvorova
Izdržljivost u skloništu	60 dana

M. K.



### INERTNA ZRNA KALIBRA 120 mm\*

Armija SAD, zajedno sa Centrom za istraživanje, razvoj i upravljanje naoružanjem, razmatra inostrane uporedne testne programe za razvoj tehnologija koje bi trebalo da omoguće da se postojeća trenutno-fugasna, ili zrna koja koriste kine-

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, maj 2004.

tičku energiju, kalibra 120 mm, mogu rekonstruisati u zrna sa inertnim bojnim glavama koje ne sadrže eksplozive ili upaljače. Takva zrna trebalo bi da ostvare željeni učinak putem hidrostatskog udara na cilju.

Namera je da se ostvare povećani efekti dejstva po lakim i srednjim borbenim vozilima, građevinama, bunkerima i armiranim betonskim zidovima. Očekuje se da će ovakva dejstva ostvariti manju kolateralnu štetu i biti bez sigurnosnih problema koji prate zrna poput M830A1.

Ostali kandidati za ovu konverziju bila bi zrna M908, M929 i M455, zajedno sa punjenjima za artiljerijske granate, minobacačku municiju, raketne bojne glave i bombe.

M. K.



### NOVE KONSTRUKCIJE I TEHNOLOGIJE ZA HAUBICU 105 mm\*

Najnovije povećanje dometa i ubojnosti artiljerijske municije 105 mm doprinelo je obnavljanju interesa američke industrije za primenu tog kalibra za varijante samohodnih oruđa familije Stryker, izrađenih na bazi lakih oklopnih vozila LAV III (Light Armored Vehicle).

Kompanija GDLS (General Dynamics Land Systems) predvodi industrijski tim koji saraduje na konstrukciji demonstratora sa samohodno oruđe LAV II SPH (Self-Propelled Howitzer), koristeći za to sopstvena ulaganja.

Projekat, koji integriše kupolu i top 105 mm Denel (Južna Afrika) sa šasijom

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, maj 2004.

LAV III, treba da pokrije domete od 4 km do 30 km, uz veću ubojnost od postojećih haubica 155 mm.

Municijske opcije uključuju prerađenu fragmentacionu bojnu glavu Denel M2020, za koju se tvrdi da je učinak protiv žive sile i neoklopnih vozila znatno veći nego onaj koji ostvaruje municija sa trenutnim zrnom 155 mm M107 ili M795. Druga prednost je mogućnost smeštaja u jednom borbenom kompletu i do 60 zrna. Navodi se da demonstrator zadovoljava skoro sve operativne armijske uslove za samohodne haubice sadržane u dokumentu ORD (operational requirements document).

Paralelno, kompanija United Defense Industries razvija sopstvenu haubicu 105 mm na bazi oruđa Stryker. Kompanija radi, u partnerstvu sa Laboratorijama Benet i Centrom za istraživanje i razvoj naoružanja armije SAD, na svom topu sa komorom promenljive zapremine V2C2 (variable Volume Chamber Cannon), koji koristi modularni artiljerijski sistem punjenja M231/M232 za ispaljivanje zrna 105 mm korišćenjem pogonskog punjenja 155 mm. Upotreba zatvarača promenljive zapremine omogućava optimalno profilisanje pritiska – vremena sagorevanja u komori radi postizanja zahtevanog dometa.

Top V2C2 može ispaljivati do 10 zrna u minuti sa dometom preko 20 km ili 30 km uz raketnu asistenciju. Prva opaljenja sa modularnim sistemom artiljerijskog punjenja 155 mm izvršena su u februaru 2004. godine.

M. K.

<<<<>>>>

## SINGAPUR PRIPREMA TENK SA TOPOM 120 mm\*

Prema zahtevu singapurskog Ministarstva odbrane, kompanija United Defense je predočila rezultate tehničkih analiza koje pokazuju kako se laka kupola za top 120 mm, koju je izradila kompanija Thunderbolt, može ugrađivati na razne šasije. Tu spada i borbeno vozilo pešadije Biomix, koji je razvila singapurska kompanija ST Kinetics, i aluminijumska oklopna univerzalna platforma za borbena vozila UCVP (Universal Combat Vehicle Platform) koja čini osnovu za samohodnu haubicu 155 mm Primus.

Isporuka 54 vozila Primus za Armiju Republike Singapur (RSA) treba da se završi krajem 2004. godine. RSA name-rava da svoje lake tenkove AMX 13, koji su poboljšani do standarda SM1, zameni novim osnovnim borbenim tenkovima.

Kompanija ST Kinetics radila je izvesno vreme sa kompanijom Oto Melara na ugradnji kupole 120 mm na vozilo Bionix, ali su ti pokušaji zapali u poteškoće, jer su se javili problemi sa ovešenjem i automatskim sistemima vozila zbog mase italijanske kupole.

U kompaniji United Defense tvrde da bi univerzalna platforma za borbena vozila sa kupolom 120 mm Thunderbolt, imala rezerve mase za još tri tone, čak i kada poseduje oklopnu zaštitu za Nivo III i nosi 63 granate, od kojih je 21 u kupoli, a 42 u oklopnom telu vozila.

Osnovna varijanta vozila uključuje glatkocevni top XM291 120 mm, koji je Benet Laboratory prvobitno konstruisala za armiju SAD radeći na savremenom topovskom sistemu M8.

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, maj 2004.



Kompanija predlaže i vozilo za popunu municijom na bazi univerzalne platforme UCVP, koja bi se koristila uz vozila Primus, a mogu da prevoze dva puta više granata od domaćeg sveterenskog vozila Bronco, uz istu cenu.

M. K.

<<<<◇>>>>

### **POLJSKA PUŠKA 12,7 mm\***

Očekuje se da proizvodnja nove puške 12,7 mm Wilk, koju je razvila kompanija OBRSM iz Tamowa, započne krajem 2004. godine.

Ovo novo oružje, poznato još kao WKW (Welkokalibrowy Karabin Wyborowy), naručile su specijalne i lake snage Ministarstva nacionalne odbrane (MNO) Poljske i antiterorističke jedinice Ministarstva unutrašnjih poslova.

Poljske kopnene snage i Institut za naoružanje pripremili su formalni zahtev za WKW. Računa se da će se za narednih 6 do 8 godina obezbediti 250 do 270 ovih pušaka, koje bi ušle u sastav 10 lakih bataljona (po 27 na svaki). Naredne isporuke trebalo bi da idu u poljske specijalne snage, uključujući i one koje danas učestvuju u sastavu međunarodnih snaga u Iraku. Potencijalni korisnik mogla bi da bude i poljska mornarica, koja bi ih koristila u sastavu obalskih zaštitnih snaga.

Grupa eksperata MNO započela je u martu ispitivanje sa dva prototipa WKW, na opitnom poligonu kompanije u specijalno opremljenim objektima WITU. Za vreme ispitivanja ispaljeno je, pri različitim uslovima, više od 6000 zrna municije 12,7 × 99 mm Browning.

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, maj 2004.

Kompanija očekuje da proizvodnja prve partije WKW započne u trećem kvartalu 2004. godine, a isporuka selektiranim jedinicama krajem godine. Prema procenama, MNO bi godišnje nabavljalo po 30 do 40 WKW, ukoliko planovi modernizacije i transformacije budu podržani.

Puška WKW prikazana je prvi put u maju 2002. godine. To je visoko-ergonomična puška, klase bul-pap, čija je masa bez optičkog nišana 14,95 kg, a u borbenoj konfiguraciji 16,7 kg. Uz prototip je korišćen standardni optički nišan NATO Schmidt & Bender 4–16 × 50, ali mogli bi da se koriste i bilo koji drugi, uključujući i elektrooptičke tipove.

Radi povećanja preciznosti puška ima prednji podešavajući dvonožac i zadnji oslonac.

Cev, dužine 880 mm, izrađena je savremenom tehnologijom sa nitrificiranim bušenjem, ima veoma efikasnu gasnu kočnicu koja smanjuje trzanje na nivo koji odgovara municiji 7,62 × 51 mm. Municijski okvir puške sadrži 7 metaka.

M. K.

<<<<◇>>>>

### **HELIKOPTER Mi-28N SA POBOLJŠANOM TRANSMISIJOM I ROTOROM\***

Prvi ruski serijski proizvedeni borbeni helikopter nove generacije Mil Mi-28N izvršio je svoj prvi let marta 2004. godine u Rostovu na Donu.

Serijski proizvedena verzija znatno je poboljšana u odnosu na prvi prototip OP-1, koji je izradio Mil konstrukcioni biro iz Moskve, i koji je prvi put poleteo

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, maj 2004.

1996. godine. Originalni prototip obavio je samo nekoliko letova, posle čega je program zaustavljen zbog čekanja na nekoliko ključnih podsistema, posebno transmisije.

Testiranje prototipa OP-1 ponovo je započelo aprila 2004. godine sa novom transmisijom VR-29 (umesto VR-28) koja je prilagođena za veću snagu, i novim repnim rotorom KhR-29.

Prvi serijski proizvedeni helikopter izrađen je u fabrici Rostvertol i označen je kao OP-2, a opremljen je novim elisama i glavčinom rotora, novim poboljšanim automatskim komandama za motor i za sistem za dovod goriva. Nakon završetka programa ispitivanja sa snažnijim motorima Klimov VK-2500, i oni će se ugrađivati u Mi-28N.

Prva ispitivanja Mi-28N obaviće se u 2004. godini, dok će prijemni testovi za namenske sisteme i naoružanje početi u 2005. godini.

Dugo je Mi-28 bio u senci helikoptera Kamov Ka-50/Ka-52, koji su osamdesetih godina odabrale vazduhoplovne snage SSSR-a za osnovni borbeni helikopter. Godine 2003. je obelodanjeno da je Mi-28N odabran kao borbeni helikopter nove generacije i da će preko 50 takvih letelica biti nabavljeno do 2010. godine, dok će samo manji broj Ka-52 biti nabavljen za specijalne snage.

Glavni razlog za izbor helikoptera Mi-28N za ruske vazduhoplovne snage bio je prihvatljiva proizvodna i operativna cena, kao i mogućnost korišćenja elemenata od Mi-28 u modernizaciji helikoptera Mi-24 „Hind“.

M. K.

<<<<◇>>>>

## PREUSMERAVANJE U RAZVOJU HIPERSONIČNIH LETOVA\*

Uspešan let hipersonične letelice Hyper-X, ostvaren je u martu 2004. posle niza godina u kojima je ostvarivan slab napredak.

Međutim, nedavno je NASA, jedan od vodećih sponzora za hipersonična istraživanja, donela odluku da se aktivnosti usmere na neke druge prioritete. Naime, u januaru je objavljena inicijativa o povratku SAD na Mesec i odlazak na Mars u dolazećim decenijama, što je prisililo NASU da menja prioritete. Resursi vezani za istraživanje vazdušnih hipersoničnih pogona usmeriće se na projekte sa kraćim rokovima, poput raketa za podršku istraživanja kosmosa.

Američka vojska na hipersonične pogone gleda kao na naredne prodore u pogonskim sistemima, koji će omogućiti ultrabrzim raketama i jurišnim avionima da napadaju ciljeve bilo gde na Zemlji u vremenu od nekoliko sati. Konačno, oni će omogućiti višekratni pristup u kosmos, kako za vojne tako i za komercijalne namene.

Ministarstvo odbrane proučava namere agencije NASA, ali će nastaviti i sopstvena istraživanja i razvoj uz manje rizike. Jedno od njih je smanjeni projekat X-43C, planiran nakon X-43A Hyper-X, koji je agencija planirala da radi zajedno sa američkim vazduhoplovnim snagama. Cilj je bio integracija u vazduhoplovnim snagama postojećeg supersoničnog vazdušno-reaktivnog motora visoke tehnologije (hajteh) sa hidrokarbonskim punjenjem, u tromotornu konfiguraciju na va-

\* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 7. april 2004.

zdušnim letelicama. NASA je ograničila svoje učešće dok program nije bio usaglašen sa njihovim potrebama u istraživanju kosmosa.

ATP, koji vodi razvoj pogona na Hyper-X i drugim hipersoničnim inicijativama, proučava opcije za modifikovani program X-43C za potrebe agencije NASA. Međutim, američko vazduhoplovstvo namerava dalje da razvija sopstveni jednomotorni demonstrator SED (Syngle Engine Demonstration) hajteh motora, združenog sa avio letelicom, koji bi trebalo da poleti 2008. godine.

Ministarstvo odbrane izbalansiralo je svoje programe i učinilo značajan prelaz od hipersoničnih inicijativa ka stvarnim projektima, kao što su FALCON i RASCAL. Za probne letove ove godine planirani su projekti poput mornaričkog HyFly hipersoničnog raketnog demonstratora, a naredni i završni probni let Hiper-X trebalo bi da se ostvari krajem ove godine. On će da se nadogradi na uspešan probni let sa Hiper-X pri brzini od 10 M. Povećana brzina stvara veći pritisak na krila i vodeće delove letelice, tako da će na njima biti dodatna termička zaštita.

Prošlog meseca misija Hiper-X je prezentirala tri istorijska početka u avijaciji. Prvi put je supersonični motor sa vazdušno-reaktivnim sagorevanjem (scramjet) integrisan na letelicu otvorenog leta; ostvaren je pozitivan potisak u letu koji dostiže najveću brzinu od 7 M i ostvareno je uspešno odvajanje letelice od nosača pri brzinama koje do sada to nisu omogućavale.

Skremdžet (scramjet) motori stajali su u pogon letelice Hyper-X za oko

11 sekundi. Po istorijskom značaju, misija X-43 A Hiper-X izjednačava se sa prvim letom braće Rajt.

M. K.



## JURIŠNI BRODSKI KONCEPT CHARC\*

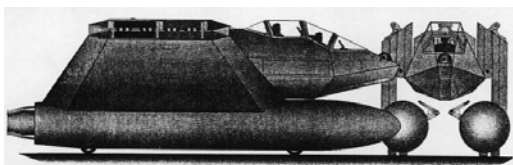
Novi stelni Lokid Martinov jurišni brodski koncept za mornaricu SAD CHARC nosiće moćno naoružanje i izvršavaće borbene zadatke vezane za suprotstavljanje malim mnogobrojnim čamcima, pa sve do protivpodmorničkog rata u površinskim vodama, uklanjanja mina i uključivanja u snage za specijalne operacije.

Koncept CHARC (Covert Highspeed Attack and Reconnaissance Craft) obelodanjen je prošle godine. To je mali površinski brod sa dvostrukim trupom. Posada od dva člana smeštena je u prednjoj kabini koja po izgledu i tehnologijama podseća na one koje se koriste na savremenim borbenim helikopterima. Naredne konfiguracije mogle bi da budu i bez posada.

Na prednjem delu trupa smešten je brzometni top 20 mm. Sa svake strane prednjeg dela trupa nalaze se četiri unutrašnja prostora za oružje, od kojih svaki može da prihvati rakete AGM-114 Hellfire ili rakete opšte namene. U kompaniji Lokid Martin navode da bi tu mogao da se ugradi i njihov sistem koji je još u razvoju NetFires. Na brod se mogu ugraditi i lanseri granata 40 mm.

Kompanija za tržište radi varijantu koncepta CHARC dužine 11 m, a za mornaricu i specijalne snage verziju dužine 12 m.

\* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 3. mart 2004.



*Brodski koncept CHARC*

Iako se ovo plovilo može aktivirati sa mnogih većih površinskih brodova, kompanija bi razvijala i samostalni obalski borbeni brod. Planira se izgradnja modela u razmeri 1:4, koji bi služio za procenu stabilnosti broda u vodi. Smatra se da će prototip ovog koncepta biti sposoban za eksperimente sa obalskim borbenim brodom do 2008. godine.

Konfiguracija broda omogućiće njegovu ekstremnu stabilnost čak i pri visokom stanju mora.

Brod pokreće dizel motor, a maksimalna brzina iznosi oko 60 čvorova, a njegovi usmereni vodeni mlazovi omogućavaju visoke manevarske sposobnosti.

Konstrukcija broda obezbeđuje malu IC, radarsku i vizuelnu sliku, ima uvlačeci jarbol i može da plovi na različitim visinama iznad površine vode.

Uz unutrašnji smeštaj oružja obezbeđen je i izdub motora ispod površine vode.

Minimalni gaz od 1,5 m omogućava plovljenje i u plitkim vodama. Jarbol obezbeđuje odličan pregled radi lociranja, identifikacije i praćenja ciljeva. Brodska senzorska oprema smeštena je na jarbolu i u pramcu broda, a verovatno će uključiti i unapred usmereni IC sistem.

Obe varijante koncepta CHARC imaju sklopivu konstrukciju, čije patentiranje je u toku. To omogućava da se konstrukcija smesti u sanduk dimenzije 3,6 × 3,6 m. Srednja sekcija trupa i krma su

modularne i mogu da se konfigurišu za razne situacije. Postoje moduli za smeštaj dopunske posade za praćenje protivpodmorničkih senzora ili kontrolu bespilotnih letelica, površinskih ili podvodnih plovni sredstava. Drugi moduli sadrže pomoćno oružje koje opslužuje posada ili dodatne rakete. U njih se mogu smestiti i komandosi za dejstvo na moru, kopnu i u vazдушnom prostoru.

Varijanta broda dužine 11 m može da nosi 6 timova, dok modul dužine 12 m može da prihvati 8 timova. Na brodu se ispod trupa može smestiti i naduvavajući čamac sa čvrstim dnom.

Postoje i dva modula u prednjoj sekciji svakog trupa, od kojih svaki može da nosi torpedo Mk 50 ili Mk 54, a u njih može da se smesti i oprema za timove.

M. K.



## **NOVI SONAR ZA MINOLOVCE\***

Kraljevska mornarica Velike Britanije objavila je početne operativne mogućnosti za prvi od osam brodova iz klase minolovaca koji je modernizovan novim širokopojasnim sonarom Sonar 2193 i komandnim i kontrolnim sistemom NAUTIS 3. Radovi na drugom brodu su u toku, a svih osam biće završeno do aprila 2005. godine.

Nosilac programa modernizacije je kompanija Thales Underwater Systems Ltd (TUSL) koja je odgovorna za konstrukciju, integraciju i ugradnju sistema, kao i isprobavanja na moru.

\* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 7. april 2004.

Sonar 2193, koji zamenjuje postojeći Sonar 193 M, projektovan je da obezbedi znatno bolje performanse protiv snažnih mina niskog eha, u vodama dubine do 80 m. Sistem koristi tehnologiju širokopojasnih impulsnih pritisaka radi omogućavanja detekcije i klasifikacije minskih ciljeva preko vodene mase na rastojanjima preko 1000 metara.

Eho struktura, izvedena pomoću širokopojasne tehnike, znatno povećava mogućnosti sonara da klasifikuje objekte na velikim rastojanjima, dodajući tome i razlike mina od drugih objekata na dnu mora.

Sonar 2193 uvodi i skup klasifikacionih pomoći operatoru pri identifikaciji ciljeva i donošenju optimalnog rešenja za date uslove.

Pune operativne mogućnosti Sonara 2193 biće ostvarene u oktobru 2004. godine isporukom softvera koji uvodi dodatne klasifikacione pomoći i mogućnost da se pretražuje i/ili klasifikuje sa bilo koje od dve konzole sa Sonarom 2193.

NAUTIS 3 zamenjuje zastareli kompjuterski informacioni sistem DBA (4). Oprema za minolovce sadrži i konzole sa dvostrukim ekranima OPUS2 u operativnoj sali, kao i displej na mostu broda.

M. K.

<<<<◇>>>>

## **EGZOSKELET POMAŽE KRETANJE ČOVEKA\***

Istraživači kalifornijskog Univerziteta Berkli razvijaju egzoskelet (spoljni kostur) na vlastiti pogon koji finansira istraživačka projektna agencija DARPA.

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, maj 2004.

Njegove potencijalne funkcije omogućile bi iskranim vojnicima da nose mnogo veće terete, kao što su naoružanje, oprema i ranjenici, kada je to moguće izvesti samo snagom mišića.

Egzoskelet BLEEX (Berkeley Lower Extremity Exoskeleton) sastoji se od mehaničkih metalnih spona koje su čvrsto povezane sa korisnikovim nogama i nešto labavije na drugim delovima.

Pogonska jedinica uređaja koristi hidraulični motor za pokretanje i električno napajanje za kompjuter, a u sklopu uređaja je konstrukcija sa rancem za nošenje velikih tereta.

BLEEX je projektovan tako da nosač postaje integralni deo egzoskeleta i ne zahteva specijalno obučavanje pri korišćenju. Više od 40 senzora i hidrauličnih aktuatora (pokretača) čine lokalnu mrežu koja funkcioniše slično čovekovom nervnom sistemu. Senzori, uključujući neke koji su ugrađeni između delova cipela, konstantno obezbeđuju centralni kompjuter raznim informacijama, tako da on može da dovede u sklad teret sa onim što čovek radi.

Nosač može da hoda, čuča, saginje se i njiše bez znatnog smanjenja agilnosti, kao i da pravi iskorake iznad i ispod prepreka.

U eksperimentima koji su vođeni u Berkliju operator je bio u stanju da se kreće uz pomoć egzoskeleta sa rancem mase 45 kg i 32 kg, koristeći pri tome snagu potrebnu za prenošenje nešto više od 2 kg tereta.

Konstruktori sada razvijaju jednostavniji, snažniji motor i brži, inteligentniji kontroler koji će omogućiti da se egzoskeletom prenosi teret do 55 kg. Istra-

živači izučavaju i mogućnosti kako da nosači trče ili skaču sa na nogama spoje-nim egzoskeletom.

M. K.

<<<<◇>>>>

### **ROBOT ZA OTKRIVANJE EKSPLOZIVNIH NAPRAVA\***

Američka armija predislocirala je u Irak 10 savremenih prototipova robota ODIS (Omni Directional Inspection System) koji omogućavaju vojnicima da sa udaljenih rastojanja provere da li na donjoj strani vozila postoje eksplozivne naprave. Očekuje se da sledeći primerci budu poslani u Avganistan.

Armijski tenkovski istraživački i razvojni centar TARDEC (Tank-automotive Research, Development and Engineering Center) razvio je ODIS u saradnji sa Uredom za robotiku Ministarstva odbrane, Državnim Univerzitetom Utah i kompanijom Kučera odbrambeni sistemi, koji je izradila prototip.

Robot ODIS, koji je visok manje od 10 cm i mase 18 kg, zamenjuje princip „ogledalo na štapu“ radi pretraživanja postojanja improvizovanih eksplozivnih naprava na vozilu. Operator može kontrolisati vozilo sa bezbednog rastojanja, koristeći pritom niki-kadmijumske ili standardne vojne radio-baterije, koje dozvoljavaju kontinuiran rad od 2 sata.

Robot može da nosi i senzore za otkrivanje hemijskih, radioloških i nuklearnih agensa.

M. K.

<<<<◇>>>>

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, maj 2004.

### **RAFT POVEĆAVA VIDOKRUG\***

Bošove laboratorije za informatičke sisteme snabdele su američke snage u Iraku sa nekoliko varijanti svojih brzonaduvajućih tornjeva RAFT (Rapid Air Inflated Tower), čiji razvoj je finansirala Američka istraživačka projektna agencija DARPA.

Odgovarajuće armijske službe će proceniti mogućnost RAFT-a u brzom podizanju izviđačke i komunikacijske opreme na različite visine za potrebe zaštite snaga i druge aplikacije. Posle toga sistem bi mogao mnogo šire da se koristi u Iraku i Avganistanu. Isporučene su verzije koje se mogu podići do visina od 10 m, 20 m i 30 m. Naduvavanje tornjeva vazduhom traje manje od četiri minuta, uz pomoć jednostavnih punjača hladnim vazduhom.

Sadašnje varijante RAFT nose termovizore i televizijske kamere za vidljivu svetlost.

M. K.

<<<<◇>>>>

### **ŠVEDSKA USAVRŠAVA HAUBICU FH 77B\*\***

Švedska Uprava za materijalno obezbeđenje odbrane sklopila je sa kompanijom Bofors Defense ugovor vredan 25 miliona USD za 18-mesečnu studiju mogućeg usavršavanja vučne haubice 155 mm FH 77B.

U ovaj rad uključene su tehničke studije usmerene na modifikaciju 39-kalibarskog projekta na samohodni, 52-kalibarske konfiguracije. Bofors Defence isporučice dva prototipa FH 77B švedskoj armiji u 2005. godini radi ispitivanja i procena.

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, maj 2004.

\*\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, jun 2004.

Tehnologije koje bi morale da se primene u projekat uključuju automatizovani sistem za rukovanje municijom, kabinu u kojoj će posada od četiri člana upravljati i gađati haubicom i poboljšanu balističku zaštitu.

Sistem će imati masu oko 27 t i 21 projektil spreman za gađanje. Haubica će moći da ispaljuje i nove projekte sa korekcijom kursa Excalibur, koje je za armiju SAD razvila kompanija Raytheon, uz aktivno učešće firme Bofors Defence.

M. K.

<<<◇>>>

#### **RAKETE DRAGON SA POBOLJŠANIM BOJNIM GLAVAMA\***

Švajcarska armija započela je program preoružavanja svojih protivtenkovskih raketa M47 Dragon sa novim poboljšanim bojnim glavama koje su projektovane da probiju najnovije tipove tenkovskih oklopa.

Nova bojna glava RUAG 2000 ima tandem kumulativno punjenje, a projektovana je tako da uspešno probija homogene i razdvojene oklope, dvostruke ili teške eksplozivne reaktivne oklope, kao i kaskadne oklope sa energetski apsorbujućim materijalima. Njene mogućnosti proboja valjanih homogenih oklopa veće su od 1 metar.

Fabrika Emmen iz kompanije RUAG sprovedeće program preoružavanja. Kompanija ima i objekte za održavanje, remont i ispitivanje raketne opreme, a nekoliko varijanti modifikacije već se sprovodi i za internacionalne poručioce.

\* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, jun 2004.

Pešadijske jedinice švajcarske armije naoružane su sistemima Dragon koji su opremljeni poboljšanim bojnim glavama General Dynamics proizvedenim u kompaniji RUAG. Te bojne glave sadrže 1,72 kg eksploziva i upaljački sistem u izdvojenoj sondi. Poznata kao Dragon WH 98, ta verzija je lakša od standardne rakete, tako da ima domet do 1040 metara, što predstavlja poboljšanje u odnosu na nominalnih 880 metara.

Kompanija nudi i programe za povećanje životnog veka, modifikaciju sigurnosnih tokova i usavršavanje sistemskog autotragača.

M. K.

<<<◇>>>

#### **FRANCUSKI SISTEM ZA UPRAVLJANJE BORBOM TACTIS\***

Francuska armija odabrala je Sagemovu verziju sistema za upravljanje borbom TACTIS, kao svoj glavni sistem za upravljanje borbom ugrađen na vozilima. To će biti osnovni informacioni sistem za vozila, i biće poznat kao SITEL (Systeme d'Information Terminal Elementaire).

Predviđeno je da se do 2010. godine obezbedi oko 5000 ovih sistema koji će se ugraditi na vozila u postojećem armijskom komandnom informacionom sistemu višeg nivoa SIR (Systeme d'Information Regimentaire).

Prevođenje će se provoditi na bazi brigada. Prva partija od 100 sistema TACTIS najverovatnije će se koristiti za ugradnju i interoperativne postupke krajem 2004. godine.

\* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 19. maj 2004.

Kompanija Sagem dobila je i ugovor za razvoj integralnog sistema za vojnika pešadije, za koji će obezbeđivati verziju TACTIS, poznatu pod nazivom SIT Combattant Debarque (iskrcani borac). To podrazumeva oko 5000 ovih sistema do nivoa odeljenja.

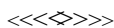
TACTIS obezbeđuje prikaz taktičke situacije pomoću digitalnog sistema za mapiranje, analizu terena, komandno-kontrolnu podršku, uključujući planiranje, integralni informacioni sistem za vozila i funkciju slanja poruka. On je kompatibilan sa pukovskim sistemom MESREG, i koristiće francuske nacionalne standarde, mada može da koristi i posto-

jeće komunikacione sisteme, pre svega Thales PR4G (sadašnje i buduće verzije).

Operativni sistem za TACTIS može da bude Windows ili Linux, a francuska vojska će koristiti Windows. Tipični terminal na vozilu je Pentium III 700 MHz procesor sa X VGA 12-inčnim tačskrin (touchscreen) ekranom (reaguje na dodir).

Do sada se TACTIS pojavljivao samo u izviđačkim vozilima za vezu Alvis Scarab, koji su ponudeni za belgijski program RECCE 2000, kao i u programu budućih borbenih vozila za vezu Velike Britanije. On je i deo elektronskog paketa na osnovnom borbenom tenku Malezije 48 PT-91.

M. K.





*Tehničko uređenje*  
Zvezda Jovanović

*Lektor*  
Dobriła Miletić, profesor

*Korice*  
Milojko Milinković

*Korektor*  
Bojana Uzelac

Cena: 200,00 dinara  
Tiraž 1.000 primeraka

---

Na osnovu mišljenja Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije, broj 413-00-1201/2001-01 od 12. 09. 2001. godine, časopis „Vojno-tehnički glasnik“ je publikacija od posebnog interesa za nauku.

---

UDC: Centar za vojnonaučnu dokumentaciju i informacije (CVNDI)